

מס' חתום

ISSN 0333-6220

התקע המצדיע



כתב עת מקצועי לחשמל



עובדי חברת החשמל מתקנים את הנזקים שנגרמו
למערכת החשמל עקב פיגוע טילי סקאד באיזור א'



תוכן העניינים

23	משולחן הוועדות פ' שפר א. ועדת ההוראות לביצוע עבודות השמל ב. ועדת הפירושים	3	פעילות חברת החשמל במלחמת המפרץ תחנת הכוח ירוטנברג תיכנון מערכות הכוח החשמליות
24	מ' משה תחנת טרנספורמציה זעירות	4	מ' הורדי הכנס המקצועי השנתי ה-8 של העוסקים בתחום החשמל בישראל
26	מ' פלד, א' גבאי קונגרסיה – הפקה משולבת של השמל וחום, עקרונות ארגוניים, טכניים וכלכליים בסיסיים	8	י' רוזנקרץ יישום טכניקות סיפרותיות ממוחשבות במיתקני צרכנים גדולים
28	מ' הירש חדשות חברת החשמל	9	ס' מנדלבאום חיבורים מתוברגים במיתקני חשמל
38	מ' רווח ■ התפתחויות בחברת החשמל בתחום ציוד מנייה אלקטרוני	14	ל' פוטיצ'יו עבודת רשת "בטיחותית" במדינה מתפתחת
39	א' קאליש ■ מערכת תיכום לחיזוט אוטומטי של תחנות משנה	16	י' אורזן מערכות פסיביות להגנה על כבלי השמל מפני אש
40	מה חדש בספרות המקצועית	17	איך למנוע שריפות בלוחות חשמל דוֹרְתִיִּים
41	ל' קיפניס רכבת חשמלית – האתגר היישומי	18	ד' זיס מדור שירות פירסומי לקוראים
41	ל' קיפניס	22	ד' זיס

עורך:
אורי לייסנר

עורך משנה:
אריה ונגרין

מערכת:

יוסף בלבד, יצחק ברוך, בן ציון גמליאל, אברהם זיי, נתן זלבר, לואיס יבלונבסקי, משה מרגלית, שמעון מרדיקס, אלי נאוטרה, יוסף נוימן, ויגמנט ספורן, גרשון פרבר, יהודה פרץ, צבי קולטוצ'ניק, אברי רביב, יוסף רוזנקרץ

מוציא לאור:
משה ציסרון

עריכה לשונית, גרפיקה וסדר:
מרפיק כתיבה והפקה בע"מ
המגנים 35, חיפה

לוחות והדפסה:
דפוס תמיר בע"מ
יהודה הלוי 51, חיפה

כתובת המערכת:
חברת החשמל לישראל בע"מ
ת.ד. 8810 חיפה 3107
טל. 04-548336



צילום: אבי הזאב

בשער:

עובדי חברת החשמל בעת ביצוע התיקונים של הנוקים שנגרמו למערכת החשמל על ידי טילי סקאד ששוגרו לעבר ישראל ופגעו, בעיקר, במרחב הגיאוגרפי של מחוז דן – איזור א'. פעולתה המהירה והמיומנת של עובדים אלה איפשרה להחזיר במהירות המירבית את אספקת החשמל לאוכלוסייה שנפגעה. פרטים נוספים על פעילות חברת החשמל במלחמת המפרץ – בכתבה בעמוד 3.

פעילות חברת החשמל במלחמת המפרץ

בהתאם להחלטה של גורמי הביטחון במדינה, חלק מעובדי חברת החשמל נמנים עם מערך מלי"ח (משק לשעת חירום). תפקידם של עובדים אלה להבטיח את אספקת החשמל השוטפת לצרכני החשמל במדינת ישראל, כאשר הדגש הוא על אספקת חשמל סדירה לצרכנים חיוניים.

במלחמת המפרץ עיקר פגיעות טילי סקאד היו במרחב מחוץ דן – איזור אי. מטה החירום המחוזי שבמחוז דן של חברת החשמל, נערך למלחמה מבעוד מועד. בעת המלחמה המטה היה בקשר עם גורמי הביטחון ועם עובדי חברת החשמל שתפקידם היה לבצע את העבודות בשטח.



לחבר לרשת החשמל את הבית או לא. רישום ההחלטה על חיבור בית לרשת החשמל התבצע במקום, כאשר הקו הפנחה היה לשמור על בטיחות מירבית של הדיירים.

התקלות האופייניות שנבעו מפגיעות טילי סקאד היו פגיעות בקווי מתח (עליון, נבנה, נמוך), פגיעות במיתקן החשמל הביתי ופגיעות בחיבור החליב.

בעת שלום, כאשר חשמלאי מומין מחברת החשמל בדיקה עבור מיתקן החשמל עליו לשלם עבור בדיקה זו. במסגרת שנפגעו ובהם מיתקן החשמל שוקם, חברת החשמל ביצעה בדיקה למיתקן החשמל ולא חיובה את הצרכן אלא את מס רכוש. הדבר נעשה כדי להקל על הצרכנים שנפגעו.

במחלקת הצרכנים הטכנית במחוז דן פותחה תוכנת מחשב המאפשרת מעקב בזמן אמת אחר כל צרכני מחוז דן שנפגעו על ידי טילי סקאד, וכן מאפשרת התוכנה ביצוע עידכון שוטף של הנתונים לגבי מצב חיבור החשמל בכל אחת מהדירות שנפגעו. דבר זה נותן תמונה מדויקת ועדכנית לגבי כל אחד מהצרכנים הללו ומקל על המשך הטיפול בהם.

לסיכום, ניתן לומר, שלמרות הרושם העז שהותירו טילי סקאד היקף הפגיעות ברשת החשמל היה מצומצם, ואילו הפגיעה במיתקני החשמל בבתי מגורים ובמבנים אחרים, כתוצאה מהטילים היא פגיעה המאפיינת סוג זה של פיגועים. לצערנו, היו כבר בעיות שלום, לילות סערה שגרמו לנזקים ברשת החשמל בהיקף רחב יותר מפגיעות טילי סקאד.

חשוב לציין את תחושת השליחות שהיתה לעובדי חברת החשמל כשיצאו לתיקון התקלות, את רוח ההתנדבות של עובדיה בעת ביצוע התיקונים ואת היעילות והמהירות כטיפול בתקלות.

הכתבה מבוססת על דבריהם ונסיינם בשטח של בעלי התפקידים במחוז דן.

אריה זלוצניקו – ראש מטה החירום ומנהל מחלקת הטיפול, ההשגחה והאחזקה
משה מרגלית – מנהל מחלקת צרכנים טכנית,
יצחק ברכה – מנהל מחלקת חליב, **יצחק אריאלי** – מנהל מחלקת ביצוע רשת.

אייל נבאי – המחלקה ליישום הרכיב, אגף תכנון, חברת החשמל

מערך מלי"ח של חברת החשמל

גם בעיתות רגיעה קיים בחברת החשמל מערך מלי"ח אשר תפקידו להכין את חברת החשמל להתמודדות במצבי חירום. מערכת זו מתעדכנת בנתונים שונים כגון:

- מידת חיוניותם של הצרכנים והעומס החשמלי שלהם.
- אמצעי ייצור עצמיים אצל הצרכנים או אצל רשויות מקומיות, תקינותם וכו'.

המידע שנאסף על ידי מערך המלי"ח של חברת החשמל מעודכן באופן שוטף במחשב החברה ומסייע למטות החירום בקבלת החלטות.

מערך החירום בחברת החשמל כולל מטה חירום ארצי, שבראשו עומד מנכ"ל החברה. מטה זה שולט על מערכת החשמל במדינה. בכל אחד מארבעת מחוזות חברת החשמל – צפון, דרום, דן וירושלים – קיים מטה חירום מחוזי האחראי על תיפעול, אחזקה ותיקונים של מערכת החשמל בתחום השטח הגיאוגרפי שבאחריותו, והוא כפוף להוראות מטה החירום הארצי. מטה החירום המחוזי מאויש על ידי מנהל המחוז, סגניו, מנהלי המחלקות הטכניות ובעלי תפקידים נוספים, בהתאם לצורך. מטות החירום המחוזיים מאוישים בעת חירום 24 שעות ביממה.

פעילות מטה החירום המחוזי בעת פיגוע טיל סקאד באחת משכונות איזור א'

כאמור, עיקר פגיעות טילי סקאד היו באיזור אי. צוותי חברת החשמל עשו כמיטב יכולתם לבצע תיקונים מהירים של הנזקים ולהחזיר במהירות האפשרית את אספקת החשמל לתיקנה, תוך הקפדה מלאה על נושא הבטיחות בעבודה.

עם הישגת אות האזהרה נכנס המטה המחוזי של חברת החשמל, מחוץ דן, לכוננות פעולה. ברגע שנמסרה הודעה על ידי שלטונות הגיא שמדובר בטיל בעל ראש נפץ קונוונציונלי, ניתנה הוראה לצוותי העובדים לצאת לשטח. הכוננות עובדי חברת החשמל לשטח הפגוע נעשתה תוך שימוש בנקודות ציון וסימנים המקובלים בחברת החשמל, כגון מספרי עמודים, שמות קווים וכו'.

הראשונים מבין עובדי חברת החשמל שהגיעו לשטח הפיגוע היו צוותי ההשגחה אשר ניתקו את אספקת החשמל לאיזור הפגוע, כדי לאפשר לכוחות החילוץ של הגיא ולמשטרת ישראל לבצע את מלאכתם מבלי להסתכן בהתחשמלות.

תוך כדי פעולתם של צוותי ההשגחה הגיעו למקום האירוע קבוצות אחזקה וקבוצות ביצוע רשת, שאיתרו את קווי המתח שנפגעו והחלו בתיקונים.

למחרת הפיגוע, בשעות הבוקר, הגיעו למקום האירוע קבוצות חליב ובודקים מהמחלקה הטכנית שפעלו במשותף. שיטת עבודתם היתה סריקת כל המבנים סביב מקום האירוע, החל מהבתים הראשונים שלא נפגעו ועד הבתים במרכז האיזור הפגוע. לגבי כל בית נבדק חיבור החליב אליו והמיתקן הביתי. כתוצאה מכך התקבלה ההחלטה אם ניתן

תחנת הכוח "רוטנברג" תיכנון מערכות הכוח החשמליות

אינג' מירל הורודי



פרוייקט תחנת הכוח הפחמית "רוטנברג" (אשקלון), בעלת שתי יחידות קיטוריות שכל אחת היא בת 550 מגואט, הוא הפרוייקט הגדול ביותר שהוקם בארץ בשנות השמונים על ידי חברת החשמל.

יש לציין שיחידות בסדר גודל כזה הן יחידות גדולות לא רק יחסית למערכת החשמל שלנו, אלא גם מבחינת המצב הקיים כעת בעולם בתחום בניית תחנות כוח פחמיות. אומנם, בשנות השבעים נבנו כמה יחידות גדולות מאוד (עד 1,300 מגואט), אבל בעשור האחרון, גודל היחידות הגדולות ביותר בתחנות כוח פחמיות היה 500-800 מגואט.

תחנת הכוח "רוטנברג" תוכננה בארץ על ידי אנף תיכנון תחנות כוח של חברת החשמל. החלק החשמלי של התחנה תוכנן על ידי המיגזר החשמלי של האנף. התיכנון התבסס על שיטות מקובלות בתיכנון תחנות כוח עם יחידות דומות בארצות הברית ובאירופה. בדרך כלל התבסס התיכנון על תקנים אמריקניים (ANSI/NEMA/IEEE), אבל גם על תקנים גרמניים (VDE) ובינלאומיים (IEC). כמו כן, יש לאנף התיכנון הסכם להעברת ידע בתיכנון עם חברת תיכנון גדולה משיקגו-בארצות הברית. מובן שלא ניתן היה לבצע פרויקט בסדר גודל כזה בלי הניסיון העצמי שנרכש בפרוייקט תחנת הכוח "מאור דוד" (חדרה) עם יחידות פחמיות של 350 מגואט.

הפרוייקט של החלק החשמלי כלל את כל השלבים, החל מהכנת עקרונות התיכנון והמיפרטים לרכישת הציוד ועד לתוכניות המפורטות של הנחת 25,000 כבלים באורך כללי של 2,600 ק"מ.

בעבודת התיכנון נעשה שימוש רחב במיחשוב, הכולל מערכת חדישה לתיכנון בעזרת מחשב להכנת שרטוטים.

מאמר זה מתאר את המאפיינים הבסיסיים של מערכות הכוח החשמליות של הפרוייקט.

נקודת האפס של כל גנרטור מחוברת לשנאי מיוחד עם עומס משני בצורת נגד המגביל את זרם החיבור לאדמה ל-15 אמפר.

שנאים ראשיים

העלאת המתח מ-22 ק"ו, המיוצר על ידי הגנרטורים, ל-400 ק"ו, עבור חיבור לרשת הארצית, נעשית על ידי השנאים הראשיים (איור 1). השנאים מורכבים משלוש יחידות חד מפעיות, כל אחת בת 217 מ"ו"א.

הסיבות לבחירת שנאים חד מפעיים הן:

- ייצור פשוט יותר של השנאים.
- העברה קלה יותר בכבישים.
- ניתן להחזיק באתר יחידה חלופית אחת עבור שש היחידות שנפעלה.

השנאים הראשיים מחוברים בשני הצדדים לפסים סגורים, כך שלא קיימים מבדדים חיצוניים. בדרך זו נמנעת בעיות של זיהום, שהן חמורות במיוחד באזורים הסמוכים לשפת הים.

פעלים במתח נקוב 22 ק"ו כך שזרם הסטטור המירבי הוא 17,000 אמפר.

קיורר הגנרטורים נעשה באמצעות נו מיסן בלחץ של 4.2 אטמוספירות. קיורר מוליכי הסטטור נעשה במישרין בעזרת מעגל מים מיוחד.

עירור הגנרטורים מוזן מסערור זרם חילופין דרך מיישר המסתובב עם הציור (שיטת עירור בלי מברשות). הזרם המירבי של הרוטור, זרם העירור, מגיע ל-5,300 אמפר.

החלק הכבד ביותר בתחנה הוא סטטור הגנרטור השוקל לא פחות מ-400 טון!

הגנרטורים מוגנים בהגנות חלישות במני כל סוגי התקלות, כולל משטרי עבודה מסוכנים. ההגנות מסודרות בשני ערוצים יתרים (Redundant). נוסף להגנות, הגנרטורים מצוידים במערכות השגחה והתראה, הכוללות השגחה על הטמפרטורה בכל מוליך של הסטטור, מיכשור לגילוי חלקיקים בנו הקיורר, ומיכשור לאיבחון של גלים בתדר רדיו, שתפקידם להתריע במצבים הקודמים לתקלות חמורות.

מערכות כוח חשמליות ראשיות

מערכות הכוח החשמליות הראשיות כוללות את המיתקנים הקשורים לייצור הכוח החשמלי בתחנה והעברתו לרשת החשמל הארצית. המיתקנים הם:

- גנרטורים.
- שנאים ראשיים.
- מסדרי מתח על (400 ק"ו).
- חיבורים בין המיתקנים האלה.

גנרטורים

ההספק הנקוב של הגנרטורים הוא 550 מגואט, במקדם הספק של 0.85, שמשמעותו הספק מדומה של 647 מ"ו"א. הגנרטורים

מי הורודי - סגן מנהל האנף לתיכנון חשמלי, אנף תיכנון תחנות כוח, חברת החשמל

השנאים מוגנים בהגנות בפני תקלות מנימיות וחיזוניות, כמקובל. ההגנות בפני תקלות מנימיות (הגנת "בוכהולץ" והגנת דיפרנציאלית) מפעילות, נוסף להפסקת מפסקי הזרם, גם את מערכת התות המים נגד שריפת.

מסדרי מתח על (400 ק"ו)

המסדר, שדרכו מחוברות היחידות למערכת, הוא מסדר סגור, מבודד בנו SF₆. למסדר מחוברים, בשלב זה, שני גנרטורים ושני קווים. הוא כולל ארבעה מפסקי זרם, אך יש

אפשרות להוסיף בעתיד עוד שני מפסקי זרם, וזאת כדי להגיע לתרשים עם מפסק וחצי (ראה איור 1).

בתרשים הקיים – עם ארבעה מפסקי זרם – לכל מרכיב (קו או גנרטור) יש שתי דרכים שונות לחיבור למערכת, וכך במקרה של אי זמינות של מפסק זרם אחד, כל המרכיבים יכולים להמשיך לפעול.

הפיתרון של מסדר מבודד בנו SF₆ נבחר במיוחד, כדי למנוע את הבעיות של זיהום המבודדים החיצוניים, בעיות קשות באתרים על שפת הים באקלים שלג.

המסדר עשוי מצינורות אלומיניום. לחץ הגז הפנימי עבור הבטחת רמת הבידוד הרצויה הוא 5 אטמוספירות. כושר הניתוק של מפסקי הזרם הוא 40 קילו אמפר.

הקווים 400 ק"ו, מוגנים בהגנות מרחק חדישות (הגנות סטטיות) יתרות, עם קשר בין קצוות הקו על ידי תקשורת בקו (Power Line Carrier).

המסדר מוגן בפני ברקים על ידי מגני ברק מטיפוס תרמוצת המתכת (Metal-Oxide).

רושם אירוע מעבר ממוחשב (Transient Event Recorder) המורכב במסדר, מאפשר ניתוח של פעולות ההגנות ותופעות המעבר.

חיבורים

החיבורים בין הגנרטורים לשנאים הראשים ולשנאי העזר היחידתיים נעשה בפסי צבירה נפרדים לכל מופע. הפסים עשויים מצינור אלומיניום, המורכב על מבניים וסגור בתוך צינור חיזוני העשוי גם הוא מאלומיניום. הקוטר החיצוני של הפסים הראשיים, היכולים להעביר זרמים של 18,000 אמפר, הוא 1.2 מטר, ועובי הצינורות הוא חצי אינץ'.

שיטת החיבור בפסים מבודדים נפרדים בכל מופע מבטיחה אמינות מירבית, מאחר שהיא מונעת את האפשרות של קצר בין המופעים במתח של 22 ק"ו בכל החיבורים הקשורים ישירות ליציאה מהגנרטורים (זרם הקצר התלת מופעי בצד 22 ק"ו מגיע ל-200 קילו אמפר).

מערכות כוח עזר חשמליות

מערכות כוח עזר חשמליות כוללות את כל המיתקנים שתפקידם להזין את הצרכנים הפנימיים של תחנת הכוח: מנועים, תאורה, מחממים, מיזורים וכו'.

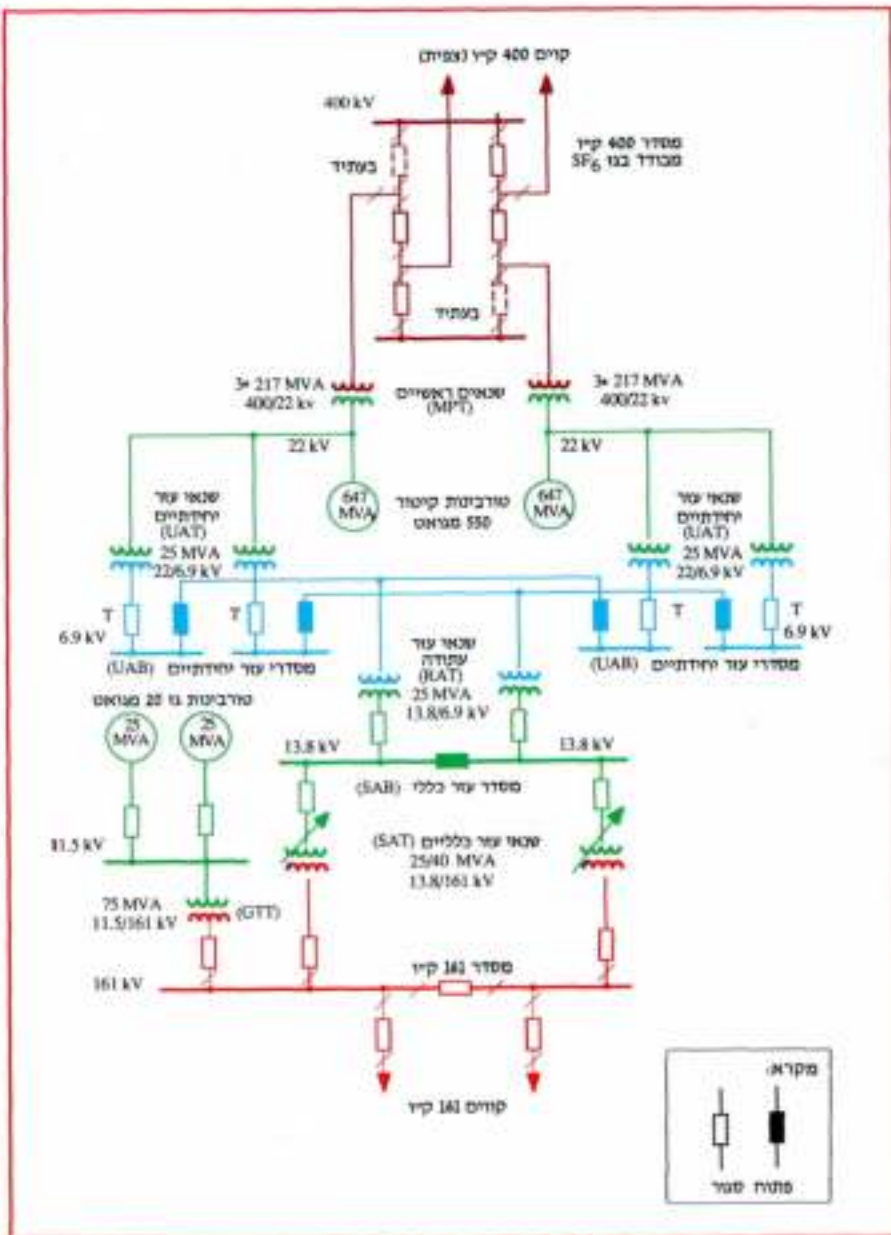
התצרוכת העצמית של תחנת כוח פחמית כמו תחנת הכוח "רוטנברג" היא בסדר גודל של 8-6 אחוזים מייצור החשמל של התחנה, כך שמדובר בהספקים של 30-40 מגוואט לכל יחידה.

המנועים מהווים את עיקר הצרכנים הפנימיים של תחנת הכוח. הם מפעילים משאבות, מניפות, מדחסים, מסחנות, מסועים, מיזנים, מעליות וציוד מכני אחר.

בתחנת הכוח "רוטנברג" יש 670 מנועים חשמליים בגדלים שונים: מ-1 כ"ס ועד 10,000 כ"ס, ועוד 800 מנועים קטנים המפעילים שסתומים.

בתייחס לגודל המנועים ניתן לסווגם לארבע קבוצות:

- מנועים שהספקם מעל 5,000 כ"ס. המתח הנקוב שלהם הוא 13,200 וולט, והם מוונים ממסדרים בני 13,800 וולט.



איור 1 תרשים חשמלי של מערכות כוח חשמליות

■ מנועים שהספקם מ-250 כ"ס ועד 5,000 כ"ס. המתח הנקוב שלהם הוא 6,600 וולט. הם מוגנים ממסדרים בני 6,900 וולט.

■ מנועים שהספקם מ-50 כ"ס ועד 220 כ"ס. המתח הנקוב שלהם הוא 380 וולט, והם מוגנים ממרכזי עומס בני 400 וולט.

■ מנועים שהספקם עד 40 כ"ס. המתח הנקוב שלהם הוא 380 וולט, והם מוגנים ממרכזי בקרת מנועים (MCC) בני 400 וולט.

למנועים יש בידוד שעבר טיפול מיוחד כדי לעמוד בתנאים הקשים של רטיבות. נוסף לכך, כל המנועים שהספקם מעל 50 כ"ס מצוידים במחממים המחברים באופן אוטומטי כשהמנוע לא בפעולה.

מנועים עם הפעלה רצופה הוזמנו עם בידוד בדרגת טמפרטורה F, כאשר עליית הטמפרטורה המעשית היא לפי דרגה 'B' בלבד.

מערכות כוח עור חשמליות כוללות:

■ מסדר מתח עליון (161 ק"ו).

■ מסדרי מתח גבוה (13.8 ק"ו ו-6.9 ק"ו).

■ רשת מתח נמוך (400 וולט).

■ חיבורים לכוח, לפיקוד ולמיכשור.

מסדר מתח עליון (161 ק"ו)

מסדר 161 ק"ו משמש מקור הזנה חיצוני של תחנת הכוח מהרשת. המסדר הוא מטיפוס חיצוני, ממוקם בצד המזרחי של האתר, במרחק של 1.2 ק"מ מהבניין הראשי. למסדר מחוברים שני קווים 161 ק"ו, שני שני עור 161/13.8 ק"ו בהספק 25/40 מ"ו"א, ושני 75 מ"ו"א עבור טורבינות הגז.

מסדר 161 ק"ו יכול לתפקד כיחידה עצמאית מתחנת הכוח עם פיקוד ושירותים מקומיים. המסדר מתוכנן עם אפשרות של פיקוד-מרוחק כפול. במצב רגיל ובמצב חירום.

במצב רגיל הפיקוד נעשה מהמרכז הארצי לפיקוח על העומס, כמקובל עבור תחנות משנה 161 ק"ו וטורבינות זו (דרך מערכת של פיקוד-מרוחק).

במצב חירום, כלומר במקרה של הפסקה כללית, מעבירים את הפיקוד לחדר הפיקוד של התחנה, כדי להתניע את טורבינות הגז כמקור זרם עבור התנעת היחידות בתחנה.

הפיקוד של מסדר 161 ק"ו ושל טורבינות הגז נעשה מחדר הפיקוד של התחנה בעזרת מערכת ריבוב (Multiplexing) המבוססת על בקרים מתוכנתים יתרים (Redundant PLCs).

מסדרי מתח גבוה

(13.8 ק"ו ו-6.9 ק"ו)

מסדר 13.8 ק"ו מוזן מרשת 161 ק"ו דרך שני שנאים שהספקם 25/40 מ"ו"א (ראה איור 1).

למסדר זה מחוברים שני מנועים, 10,000 כ"ס, המפעילים את משאבות מי ההזנה של הדוודים בזמן התנעת היחידות (בפעולה רגילה יש משאבות מי הזנה המופעלות על ידי טורבינות קיטור), ושני שני עתודה (RAT) 6.9/13.8, שהספקם 25 מ"ו"א. שנאים אלה מבטיחים את הזנת מערכות העזר של היחידות בזמן ההתנעה וההפסקה. כמו כן מחוברים למסדר 13.8 ק"ו שני שנאים, כל אחד בהספק של 8 מ"ו"א, המיועדים להזנת צרכנים כלליים באתר, בעיקר מערכות שינוע הפחם.

לכל יחידה יש שני מסדרים 6.9 ק"ו יחידתיים המזינים את המנועים 6.9 ק"ו ואת השנאים עבור מרכזי העומס 400 וולט. בתחנת הכוח "רוטנברג" יש סך הכל 69 מנועים 6.9 ק"ו ו-30 שנאים 0.4/6.9 ק"ו.

המסדרים 13.8 ק"ו ו-6.9 ק"ו מצוידים במפסקי זרם באוויר, המפעלים לפי העיקרון של נישוף מגנטי של הקשת (Air Magnetic). הבחירה בסוג זה של מפסקי זרם בפרוייקט "רוטנברג" נעשתה מאחר שהוא נחשב בזמנו כטוב ביותר עבור מערכות העזר של תחנות כוח, בגלל כושר ניתוק גבוה ואי גרימת מתחי יתר מסוכנים בזמן פעולות הניתוק של המנועים. נקודת האפס של הרשתות 13.8 ק"ו ו-6.9 ק"ו מחוברות לאדמה דרך נגדים המגבילים את זרמי הקצר לאדמה ל-500 אמפר. זרמי הקצר התלת מופעים המיורבים בפסים 13.8 ק"ו ו-6.9 ק"ו הם 40 קילו אמפר (כולל תרומת המנועים לזרם הקצר).

רשת מתח נמוך (400 וולט)

רשת מתח נמוך 400 וולט מוזנת ממרכזי עומס הכוללים שני שנאים יצוקים 6.9/0.4 ק"ו ומסדר עם מקשר פתוח. כל שניא מפעל בנפרד עם עומס עד 60%. הוא מסוגל, במקרה שהשנאי השני של המסדר מופסק, לקחת על עצמו את כל העומס על ידי סגירה אוטומטית של המקשר.

המסדרים הראשיים מצוידים במפסקי זרם באוויר עם הגנות סטטיות, והפעלה מרוחק בורם ישר. המסדרים הראשיים מוזינים גם מנועים גדולים (50-220 כ"ס) ומרכזי בקרת מנועים (MCC).

מרכזי בקרת המנועים (MCC) מפעלים כחלוקות משנה, שמהם מוזנים מנועים קטנים (עד 40 כ"ס), כולל מנועים המפעילים שסתומים ועומסים אחרים. תאורה, שקעים, מחממים וכו'.

מרכזי בקרת המנועים מצוידים במפסקים מסוג Molded Case. היציאות למנועים מצוידות גם במתנעים ובמימסרים תרמיים. לכל יציאה למנוע יש שניא פיקוד 400/230 וולט נפרד.

נקודת האפס של רשת 400 וולט מאורקת.

זרמי הקצר התלת מופעים בפסים של מרכזי העומס מגיעים ל-30 קילו אמפר במקרה של שנאים 1,000 ק"ו"א, ול-42 קילו אמפר במקרה של שנאים 1,600 ק"ו"א.

חיבורים לכוח, לפיקוד ולמיכשור

החיבורים עבור זרמים גדולים בין שני העזר היחידתיים ובין שני העזר המשמשים עתודה למסדרים 6.9 ק"ו, נעשים בתעלות פסים מנחשת עם סגירה חיצונית ממתכת, המשותפת לכל המנועים. כל יתר החיבורים נעשים בכבלים.

הכבלים מונחים במדפי פח מגולוון בתוך התחנה ובמחילות תת קרקעיות (Ducts) מחוץ לתחנה.

הכבלים מונחים תוך הפרדה בין הקבוצות הבאות:

- כבלי מתח גבוה (13.8 ק"ו ו-6.9 ק"ו).
- כבלי מתח נמוך ופיקוד (400 וולט ו-0.4 וולט).
- כבלים למיכשור.

הכבלים 13.8 ק"ו הם בעלי בידוד מ-EPR ומעטה חיצוני מ-HYPALON. כל יתר הכבלים לכוח והכבלים לפיקוד הם בעלי בידוד מפוליאיתילן מוצלב (XLPE) ומעטה חיצוני מפוליויניל כלוריד מעבב אש (FR-PVC). הכבלים למיכשור הם בעלי בידוד מ-TEFZEL ומעטה חיצוני מפוליויניל כלוריד, העמיד ב-305 מעלות צלסיוס.

כל הכבלים הוזמנו עם דרישה לעמוד בבדיקת עמידות כשריפות בהתאם לתקן IEEE-383.

הזנת מערכות העזר במצבים שונים של הפעלת התחנה

הזנת כוח עזר חשמלי לתחנת הכוח נעשית באופן שונה בהתאם למצב הטיפוסי של התחנה: יחידות בהתנעה, בפעולה רגילה או בהפסקה.

לשם התנעת היחידות נחוצה הזנה חשמלית מהרשת. הדבר נעשה מרשת 161 ק"ו, דרך שנאים SAT, מסדר 13.8 ק"ו ושנאים RAT (ראה איור 1 המציג מצב עם מפסקים המסומנים ב-T, כשהם פתוחים, והזנה משנאי RAT דרך המפסקים שמופעלים באיור במצב פתוח).

לאחר הפעלת היחידות וסינכרונון לרשת, מעבירים את הזנת מסדרי העזר היחידתיים 6.9 ק"ו להזנה מהגנרטור עצמו דרך שניא עזר יחידתיים (UAT). פעולה זו נעשית על ידי סגירת המפסקים המסומנים ב-T באיור 1. לאחר מכן מפסקים את ההזנה משנאי עזר העתודה (RAT) ועוברים למצב רגיל. בדיאגרמה החד קוויית מצב המפסקים כפי שמופיע באיור 1.

- שסתומים הנחוצים בתהליך הפסקה בטוחה של היחידות.
- מעלות.

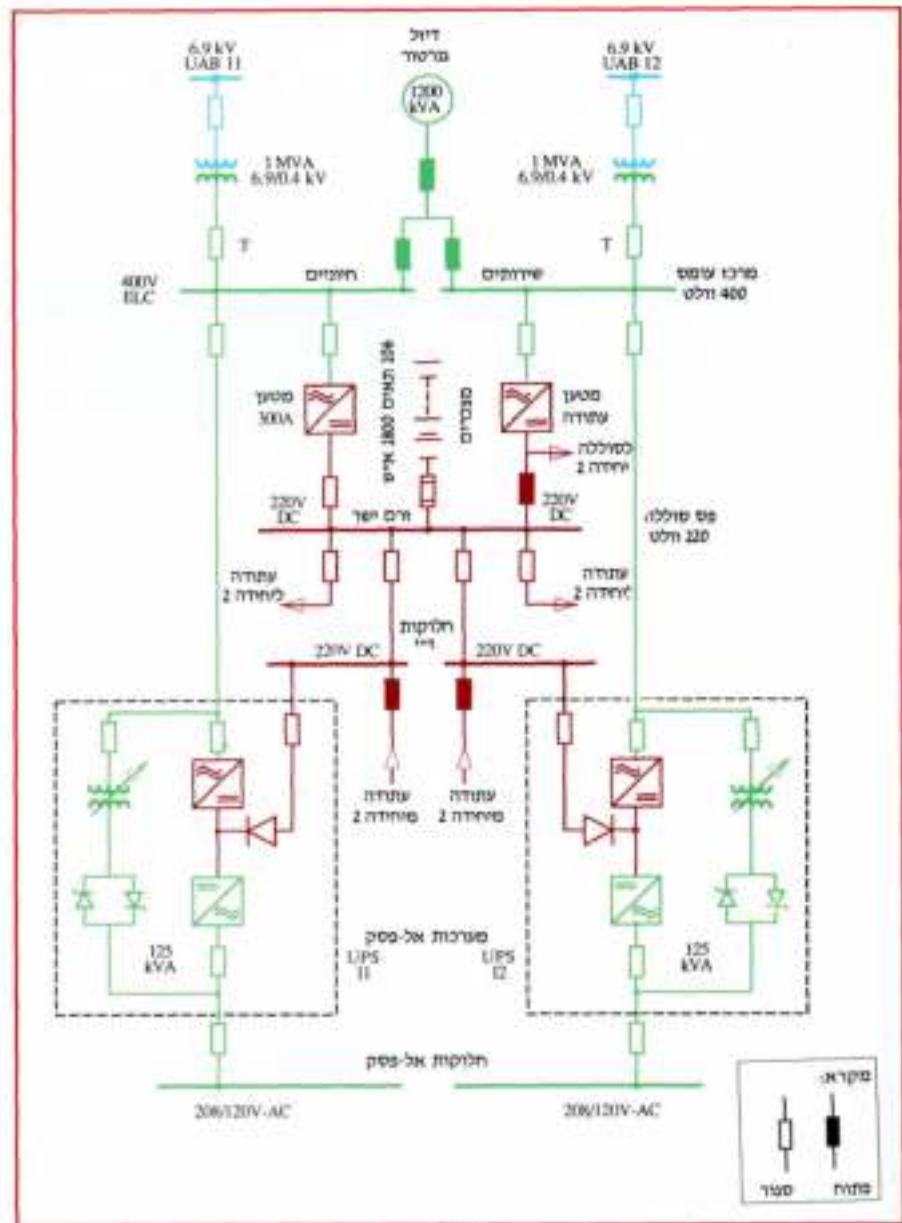
מערכת זרם ישר (220 וולט)

מערכת זרם ישר 220 וולט היא מקור ההזנה הבטוח ביותר בתחנת הכוח.

כל יחידה כוללת סוללה של מצברי עופרת בקיבולת של 1,800 אמפר-שעות, המסוגלת להזין את המיתקנים במקרה של הפסקה במשך שעתיים. כל סוללה מיונה שתי חלוקות זרם ישר של היחידה עצמה, אבל

הצרכנים המחוברים למסדר 400 וולט הם צרכנים חיוניים הנחוצים להבטחת הדממת התחנה בצורה בטוחה (Safe Shut-Down) והם כוללים, בין היתר:

- משאבות שמן סיכה ואטימות.
- מגנטון סיבוב הטורבינות.
- מדחסי אוויר למכשירים.
- מטענים של סוללות מצברים.
- מיישרים של מערכות אל פסק.
- תאורת חירום.
- מיווג אוויר של חדרי פיקוד וציוד ממוחשב.



איור 2
תרשים חשמלי של מערכות כוח עזר חיוניות

בתהליך של הפסקת היחידות יש צורך בפעולה הפוכה. כלומר, לחזור להונת מסדרי העזר היחידתיים 6.9 ק"ו מהרשת.

כדי להבטיח התנגעה חוזרת של יחידה אחת לפחות, במקרה של הפסקה כללית של הרשת (עלטה כללית), הורכבו באתר שתי טורבינות זו סילונית, שהספק כל אחת מהן הוא 20 מגוואט. שתי טורבינות הגו מחוברות למסדר 161 ק"ו ויכולות לספק אנרגיה במצב רגיל לרשת דרך קווי 161 ק"ו. במקרה של הפסקה כללית ברשת, עם הפסקת היחידות בתחנת הכוח "ירוטנברג", מנתקים את הקווים 161 ק"ו, המגיעים למסדר 161 ק"ו, ומפעילים את טורבינות הגו, כדי לספק אנרגיה עבור התנגעה אחת היחידות 550 מגוואט.

נסיונות שנערכו הוכיחו, שיש אפשרות להתניע את המנועים הגדולים, כולל המנוע 10,000 כ"ס של משאבת מי ההזנה, בעזרת שתי טורבינות הגו.

מערכות כוח עזר חיוניות

תפקידן של מערכות כוח עזר חיוניות הוא להבטיח את ההזנה, בזמן תקלה, למיתקנים שהפעלתם חיונית, כדי למנוע גרימת נזקים לציוד או תאונות לבני אדם.

מערכות כוח עזר חיוניות כוללות מיתקנים משני סוגים:

- מיתקנים שהונתם בלתי רצופה, כלומר, מיתקנים היכולים לסבול הפסקה קצרה. מיתקנים אלה מחוברים למסדר מתח נמוך למיתקנים חיוניים (400 וולט).
- מיתקנים שהונתם חייבת להיות רצופה, כלומר, מיתקנים שלא יכולים לסבול שום הפסקה. מיתקנים אלה מחוברים למערכת זרם ישר (220 וולט) או לחלוקות זרם חילופין אל פסק (UPS).

מסדר מתח נמוך למיתקנים חיוניים (400 וולט)

מסדר זה הוא מרכז עומס 400 וולט רגיל עם שני שניים בהספק של 1,000 ק"ו. קריא ההזנה רגילה מהרשת ומקשר שבמצב רגיל הוא פתוח (איור 2).

במקרה שההזנה משנאי אחד מופסקת, נסגר באופן אוטומטי המקשר, כך שמבטחת ההזנה עבור המיתקנים של שני הפסים המחוברים למרכז העומס.

במקרה של הפסקה כללית בצד מסדרי העזר 6.9 ק"ו של היחידה, נפתחים באופן אוטומטי המפסקים המסומנים ב"ד באיור 2, ומפעל באופן אוטומטי הדיול נגרטור, המזין דרך מפסקי הזרם של המקשר, את שני הפסים של מרכז העומס. כדי לא להעמיס את הדיול נגרטור בבת אחת בכל העומס, נעשית הסגירה של שני המפסקים של המקשר עם התקן שהיה לניכוב זמן הסגירה.

יכולה להיון גם את חלוקות הזרם הישר של היחידה השנייה. מובן, שאם אחת מהסוללות אינה זמינה, יכולה הסוללה שנשארה בפעולה להבטיח את הונת הצרכנים של שתי היחידות רק במשך שעה אחת. דבר זה מקובל, היות שבאתר מותקנים דיזל גנרטורים וטורבינות גז, כך שהונת המטענים של הסוללות מובטחת אחרי הפסקה של דקות ספורות בלבד.

לכל סוללה יש מטען בפעולה (ראה איור 2) ומטען עתודה, המשותף לשתי הסוללות. חלוקות הזרם הישר מזינות את מעגלי ההגנות והפיקוד של כל האלמנטים החשובים בתחנה, משאבות סיכה ואטימה לשעת חירום, מערכות אל פסק ותאורה לשעת חירום.

מערכות אל פסק (UPS)

לכל יחידה יש שתי מערכות אל פסק הבוללות מיישר המזון מחלוקת 400 וולט למיתקנים חיוניים, מסיר (Inverter) ומעגל מעקף

(By-Pass) עם שנאי מווסת מפסק סטטי (ראה איור 2). במקרה של חוסר הונת מהרשת 400 וולט הממיר מוזן, דרך יודעה, מסוללת 220 וולט, של התחנה.

חלוקות זרם חילופין אל פסק מזינות את מערכות הבקרה והמיחשוב של התחנה.

סיכום

מהתיאור המקוצר של מערכות הכוח החשמליות של תחנת הכוח 'דוטנברג' אפשר לציין את המאפיינים הבאים:

- במערכות הכוח הראשיות נבחרו פיתרונות בעלי אמינות גבוהה במיוחד (שנאים ראשיים חד מפעיים, מסדר 400 ק"ו מבודד בנו SF₆, חיבורים ביציאה מהגנרטור בפסים מבודדים נפרדים לכל מופע זכר).
- במערכות כוח עזר נבחרו פיתרונות המבוססים על חלוקה לשני ערוצים

(הקטנת הסיכונים במקרה של תקלה) והבטחת הונת עתודה (יתרות).

■ במערכות כוח עזר חיוניות, ההבטחה קיימת בכמה דרגות. סוללות מצברים, דיזל גנרטורים, טורבינות גז. באופן זה הבטחת ההונת של הצרכנים החיוניים היא מרבית.

■ בכל שלבי התיכנון נלקחו בחשבון קודם כל עקרונות של:

- הבטחת האמינות (Reliability),
 - הבטחת הזמינות (Availability),
 - הבטחת התחזוקתיות (Maintainability),
- נוסף לשיקולים טכנולוגיים אחרים.

■ ואחרון, אבל חשוב, לא פחות, בעת התיכנון נלקח בחשבון השימוש המירבי של ציוד המיוצר בארץ. ואכן, שנאים, מסדרי מתח גבוה ומתח נמוך, כבלים, תעלות פסים, מנועים, מצברים, מטענים וציוד אחר, סופקו ברובם על ידי יצרנים מקומיים.

הכנס המקצועי השנתי ה-8 של העוסקים בתחום החשמל בישראל

הכנס השנתי ה-8 יתקיים ביום שלישי 7.5.91 במרכז הקונגרסים בתל-אביב

מושב א' – המיפגש המרכזי

המיפגש המרכזי יתקיים בהשתתפות כל באי הכנס ויכלול:

- **דברי פתיחה:** אינג' משה זיסמן, מנהל אגף הצרכנות, חברת החשמל
- **ברכות:**

- ★ מרופי יובל נאמן, שר האנרגיה והתשתית
- ★ מר סילבן שלום, יו"ר מועצת המנהלים, חברת החשמל
- ★ אינג' משה כץ, המנהל הכללי, חברת החשמל

- **הרצאה:** חידושים טכנולוגיים במערכות ההעברה, המסירה והחלוקה לשיפור אמינות האספקה

אינג' אלי נאוטרה, מנהל הרשת הארצית, סגן מנהל אגף הצרכנות, חבר מערכת "התקע המצדיע", חברת החשמל

מושב ב' – הרצאות מקצועיות בקבוצות

במושב זה יתפצלו המשתתפים ל-6 קבוצות. כל משתתף יוכל למצות בצורה מירבית את מינון הרצאות ולהשתתף בקבוצות שבהן נכללות הרצאות בנושאים שבהם יש לו עניין.

- **דיון (רב שיח)**

בסיומה של כל הרצאה מקצועית יתקיים דיון (רב שיח) בהקשר לנושא ההרצאה.

הזמנות לכנס

הזמנות לכנס נשלחו לכל אנשי מקצוע החשמל הנכללים בקהיליית "התקע המצדיע", וכן למשרדי ממשלה, למוסדות ציבור, לחברות ולמפעלים המעסיקים חשמלאים.

בגלל מספר המקומות המוגבל, וכדי לאפשר קליטה מסודרת של משתתפי הכנס, המעוניינים להשתתף בכנס מתבקשים לבצע את פעולת הרישום בהקדם האפשרי.

היבטים בתיכנון מיתקני חשמל במתח נמוך

העמסה והגנה של מוליכים מבודדים במתח עד 1,000 וולט

אינג' יוסף רוזנקרן

חשמלאי, העומד לתכנן מיתקן חשמלי במתח נמוך, חייב להתמודד עם מינוון רחב של בעיות ולפתורן בהסתמך על תורת מיתקני החשמל, על חוק החשמל ותקנותיו, על הכרת הציוד החשמלי, ועל הכרת כל אותם החומרים המרכיבים את מיתקני החשמל.

אחת מהבעיות החשובות בתיכנון מיתקני החשמל היא הבחירה הנכונה של כבלים ומוליכים המשמשים לזינת מעגלים סופיים או כקווי זינה של לוחות חשמל.

בחירת הכבלים והמוליכים – בהמשך נתייחס למונח המשותף: מוליכים מבודדים – מתייחסת למספר תכונות: שטח החתך של המוליכים, סוג המוליכים מבחינת עמידותם בפני פגיעות מכניות (משוריינים או בלתי משוריינים), עמידתם בתנאי בעירה (כבים מאליהם, בלתי כבים מאליהם, חסיני אש וכו'), סוג המוליך עצמו (נחושת, אלומיניום), ועוד.

הבחירה במוליך המתאים, בהתייחס לכל התכונות הללו, דורשת מיומנות וניסיון. אולם לבחירת שטח החתך של המוליך (או בקיצור "החתך") דרושה גם התמצאות בתקנות החשמל ובחישובים ספציפיים בתחום זה.

בחירת החתך נעשית היום, באופן מעשי, על ידי השיטות הבאות:

א. באמצעות טבלאות העמסת המוליכים הכלולות בתקנות החשמל העמסה והגנה של מוליכים מבודדים במתח עד 1,000 וולט.

ב. באמצעות תוכנות מחשב, העוסקות בתיכנון מיתקני חשמל.

במאמר זה נתרכז בעיקר בשיטת הטבלאות בתקנות החשמל, תוך כוונה שהדבר יעניין גם את אלה המשתמשים בשיטות ממוחשבות.

באופן עקרוני, כל מוליך חייב בהגנה בפני עומס יתר וגם בפני זרם קצר. כלומר, בהתחלת כל מעגל סופי או קו זינה חייבים להתקין מבטח – נתיך או מפסק זרם אוטומטי – אשר יגן על המוליך בפני התחממות יתר.

אולם בעוד שלגבי זרם הקצר נשענת הגנת המוליך, בעיקר, על פעולת הניתוק של המבטח, הרי לגבי הזרם המתמיד חלות שתי דרישות:

א. הגנת מוליך על ידי מבטח.

ב. חובה שהזרם הצפוי המירבי העשוי לזרום במוליך, לא יעלה על הזרם המתמיד המירבי של המוליך הנתון, כפי שמופיע בטבלאות העמסת המוליכים.

זרם נקוב וזרם צפוי מירבי

מהמתואר לעיל נובע, שכדי לבחור את שטח החתך של מוליך במעגל חשמלי מסוים, חייבים לחשב את הזרם הצפוי המירבי של המעגל, ולהתאים את חתך המוליך באופן שיתקיים התנאי הבא:

$$I_1 \leq I_2$$

כאשר:

I_1 – הזרם הצפוי המירבי

I_2 – הזרם המתמיד המירבי

(לפי טבלאות העמסת המוליכים)

המותרת, כשדרכו עובר זרם מירבי, נקרא **קבוע תרמי**. ערכי הקבוע התרמי תלויים בחתך המוליך ובחומר הבידוד. הערכים נמצאים בתחום 2-3 דקות עבור מוליך נחושת בעל חתך 1.5 ממ"ר, ועד כשעתיים עבור מוליך נחושת בעל חתך 240 ממ"ר.

ב. זרם הקצר המירבי

זרם זה נורם, כפרק זמן קצר מאוד להתחממות מהירה של המוליך עד לטמפרטורה רגעית מותרת שערכה **נבוא** משך הטמפרטורה המתמדת המירבית שהוזכרה לעיל.

לדוגמה:

הטמפרטורה המתמדת המירבית המותרת היא:

70 מעלות צלסיוס – עבור כבלים PVC.

90 מעלות צלסיוס – עבור כבלים XLPE.

הטמפרטורה הרגעית המירבית הנגרמת על ידי זרם קצר היא:

160 מעלות צלסיוס – עבור כבלים PVC.

250 מעלות צלסיוס – עבור כבלים XLPE.

האמצעים הדרושים להגנת המוליכים בפני הטמפרטורה המתמדת המירבית שונים מאלה הדרושים להגנת המוליכים בפני הטמפרטורה הרגעית המירבית, הנובעת מזרמי קצר.

העמסת מוליכים

התחממות המוליך על ידי הזרם החשמלי

כל מוליך, המשמש להובלת אנרגיית חשמל – מבודד או לא מבודד, מוליך בודד או כבל מאופיין על ידי טמפרטורה מירבית תקנית מותרת.

הטמפרטורה התקנית המותרת קשורה לחומר שממנו עשוי המוליך (נחושת או אלומיניום) ולחומר המבודד את המוליך, כך שיובטח למוליך אורך חיים מסוים של לפחות כ־20 שנה.

מקורות החום הנורמים להעלאת הטמפרטורה של המוליך הם שניים:

■ הזרם שזורם דרך המוליך.

■ הסביבה שבה הוא מותקן.

מבחינת הזרם החשמלי נתייחס לשני נורמים:

א. הזרם המתמיד המירבי

זרם זה נורם להתחממות המוליך עד לטמפרטורה מתמדת מירבית. משך הזמן הדרוש למוליך להגיע לטמפרטורה המירבית

י' רוזנקרן – מנהל מוסחה, רשות הארצית, אגף הנרכנות, חברת החשמל

החישוב של הזרם הצפוי המירבי נעשה הרבה פעמים בצורה "מופשטת" על ידי השוואתו לזרם הנקוב של המעגל. הדבר עשוי לגרום לבחירת חתך בלתי נכון – קטן או גדול יותר מהחתך האופטימלי של המוליך.

כדי להמחיש את הנגש נתייחס למספר דוגמאות ונראה איך הדברים נראים כשמזינים צרכן אחד בעל הספק קבוע (לדוגמה מנוע), ואיך יש להתייחס למעגל המזין לוח הפעלה של מכונה בעלת מספר מנועים, או לוח חשמל המזין מספר מכונות, מנועים וכו'.

כאופן כללי, אם יודעים את ההספק הנקוב (P_N) של מיתקן, או של צרכן מסויים, אזי חישוב הזרם הנקוב הוא לפי נוסחה (1).

$$I_N = \frac{P_N}{\sqrt{3} U_N \cos \varphi_N \eta} \quad (1)$$

כאשר:

- I_N – הזרם הנקוב
- P_N – ההספק היעיל (המכונה) ב-kW
- U_N – המתח השלוב, במקרה של מעגל תלת מופעי, ב-V
- $\cos \varphi_N$ – מקדם ההספק הנקוב
- η – היעילות החשמלית של המיתקן

במעגלים חד מופעיים חישוב הזרם הנקוב הוא לפי נוסחה (2).

$$I_N = \frac{P_N}{U_N \cos \varphi_N \eta} \quad (2)$$

כאשר:

- U_N^* – מתח המופע

הזרם הנקוב אינו זהה בהכרח לזרם הצפוי המחושב לאותו המעגל, אך הוא הנתון הבסיסי לכל חישובי הזרם האחרים.

אם רוצים לחשב את הזרם הצפוי במעגל מסויים, חייבים להכיר את אופן הפעולה המכנית או החשמלית של המכשיר (או המכשירים) והמכונה (או המכונות) המזינים מאותו מעגל.

בהעדר כל מידע על אופן הפעולה המכנית או החשמלית, אין, כמובן, מנוס אלא להשוות את הזרם הצפוי המירבי לזרם הנקוב.

כלומר, אם מדובר במכשיר (צרכן) אחד, אזי במקרה זה, הזרם הצפוי I_L יחושב לפי נוסחה (3).

$$I_L = I_N \quad (3)$$

כשמדובר במספר מכשירים בעלי זרמים נקובים I_{N1}, I_{N2}, I_{N3} וכו', הזרם הצפוי יחושב כסכום הזרמים הנקובים בהתאם לנוסחה (4).

$$I_L = I_{N1} + I_{N2} + I_{N3} \quad (4)$$

יש לציין שאת הזרמים הנקובים ניתן לחשב או לפי נוסחה (1), או לפי נוסחה (2), או לפי הערך המוטבע על שלטי היהיו של הצידוד.

שיטת השוואת הזרם הצפוי המחושב לסכום הזרמים הנקובים היא, ברוב המקרים, שיטה פשטנית העשויה לגרום לבחירת חתך של מוליך שהוא גדול מהחתך הנחץ באמת.

הגדול בין הזרם הצפוי ובין הזרם הנקוב

ניקה לדוגמה מנוע בעל הספק נקוב $P_N = 3 \text{ kW}$. המפעיל מאוורר הפועל בצורה מתמדת. הזרם הנקוב של המנוע הוא, בערך, $I_N = 6 \text{ A}$.

הזרם הצפוי במעגל הסופי, המזין את המנוע, יהיה כאופן מעשי קטן מ- $I_N = 6 \text{ A}$, מהסיבות הבאות.

ניח שההספק המכני הדרוש על ידי המאוורר הוא $P_{MEC} = 2.7 \text{ kW}$. המנועים החשמליים מיוצרים בסולם של הספקים סטנדרטיים. כדי להתאים מנוע חשמלי למכונה מסויימת חייבים לבחור את ההספק הקרוב ביותר לערך הרצוי, אך גדול במקצת מההספק המכני הדרוש, במקרה הנדון, $P_{MEC} = 2.7 \text{ kW}$. לכן, יצרן המאוורר יבחר במנוע בעל הספק נקוב של בערך $P_N = 3 \text{ kW}$.

בבחירת ההספק הנקוב של מנוע חשמלי, המפעיל מכונה מסויימת יש להתייחס למונטט הדינמי של המכונה, נוסף להספק המכני, כפי שהוסבר לעיל. מירוש הדבר, שהמנוע החשמלי חייב להפיק בעת התנגעתו ממונטט חשמלי העולה על המונטט הדינמי, כלומר על מונטט ההתמדה של המכונה, כך שמשך ההתנגעה יהיה קצר, ובדרך כלל לא יעלה על 5 שניות.

לפעמים, שיקול זה הוא זניח לעומת השיקול הראשון של ההספק המכני, אך לפעמים הוא עשוי להגדיל במידת מה את ההספק הנקוב של המנוע.

מהמתואר לעיל נובע, שאפילו אם המכונה עובדת בצורה רצופה קיים מקדם עומס K_1 , שערכו קטן מ-1, המפחית את הזרם הנקוב. במקרה זה, הזרם הצפוי יחושב לפי נוסחה (5).

$$I_L = K_1 \cdot I_N \quad (5)$$

כאשר:

- K_1 – מקדם העומס

ולפי הדוגמה המתוארת לעיל, ערכו של מקדם העומס הוא בקירוב:

$$K_1 = \frac{P_{MEC}}{P_N} = \frac{2.7}{3} = 0.9$$

הערות:

■ חשוב לציין שבהתייחס לתורת מנועי החשמל, החישוב לעיל אינו מדוייק, מכיוון שיחד עם שינוי העומס המכני, בהשוואה לעומס הנקוב, משתנים גם מקדם החספק, ההפסדים, ופרמטרים חשמליים אחרים. הדבר בא לידי ביטוי בכך שיחסי ההספקים אינם שווים ליחסי הזרמים. אולם שיטת החישוב, המתייחסת למקדם ההעמסה, היא שיטה מקובלת בתורת התיכנון של מיתקני חשמל.

■ כשמדובר במנוע אחד בעל הספק נמוך אפשר בהחלט להניח ש- $K_1 = 1$. כלומר, להשוות את הזרם הצפוי לזרם הנקוב.

המקדם K_1 מקבל חשיבות יתר כשמדובר בחתכים גדולים או במוליכים המזינים מספר גדול של צרכנים, כפי שנראה בהמשך. בהעדר מידע מדוייק על העמסת המכונה, נהוג להניח ש- $K_1 = 0.7 + 0.9$.

אם מדובר במעגל המזין מספר צרכנים (לדוגמה מנועים), יש להתחשב במקדם נוסף, המבטא את הפעולה הנו זמנית של אותם הצרכנים. מקדם זה הוא מקדם ההתלכדות (K_2), לדוגמה: מקדם ההתלכדות של מכונה בעלת 5 מנועים, שמתוכם רק 4 בפעולה, מחושב באופן הבא:

$$K_2 = \frac{4}{5}$$

חישוב מקדם ההתלכדות הוא ספציפי לכל מיתקן ומיתקן וניתן להעריך אותו רק על פי ידיעה ברורה על אופן הפעולה של כל מיתקן, או על פי ניסיון מעשי.

כדי לחשב את הזרם הצפוי, מכפילים את שני המקדמים האחד בשני, ומתקבל מקדם כללי K_1 , המבטא את ההעמסה הכללית של המעגל לפי נוסחה (6).

$$K_1 = K_2 \cdot K_1 \quad (6)$$

לפיכך, בהתייחס לזרם הנקוב, הזרם הצפוי יחושב לפי נוסחה (7).

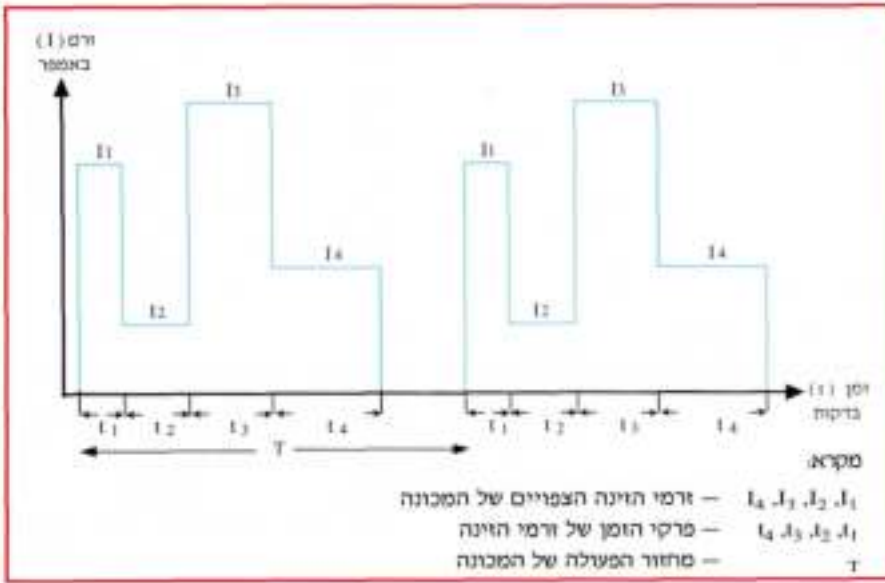
$$I_L = K_1 \cdot I_N \quad (7)$$

חישוב הזרם הצפוי במעגל המזין לוח הפעלה של מכונה תעשייתית

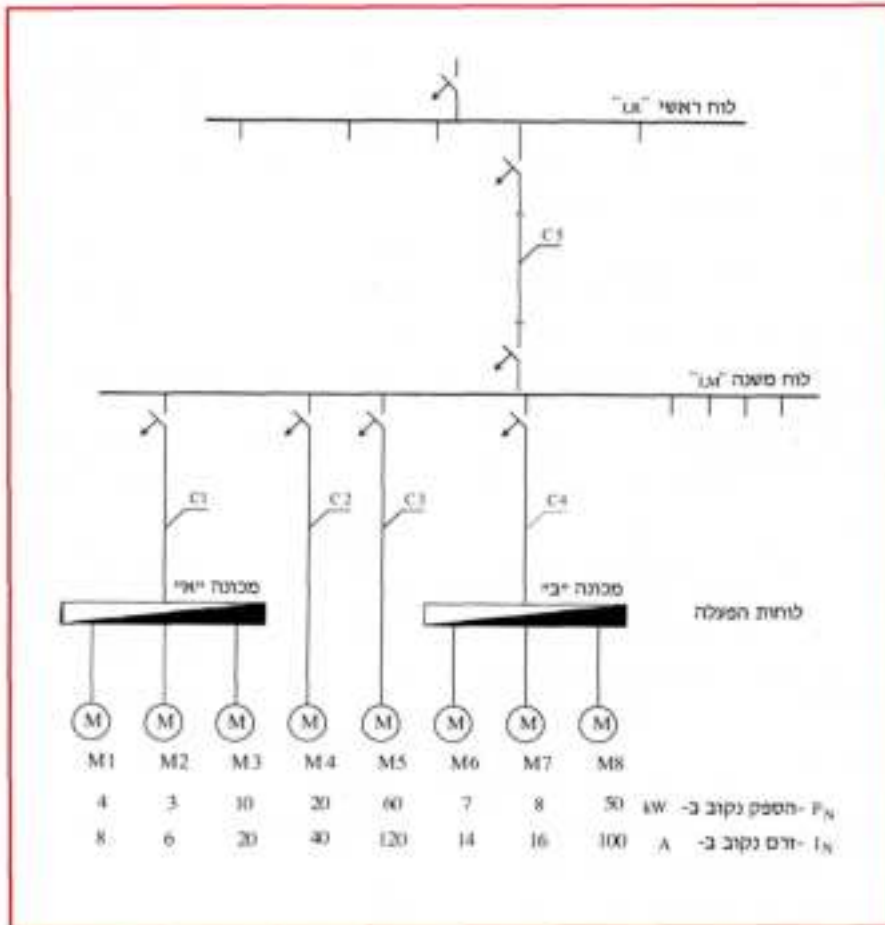
חישוב הזרם הצפוי המירבי, מבחינת העמסת המעגל הסופי, היא פעולה מורכבת עוד יותר כשמדובר בעבודה לא רצופה של המכונה, כלומר, במשטר עבודה בעל עומס משתנה לסירוגין, או בעל עומס המופעל באופן מחזורי לזמן קצר.

המכונות המאופיינות על ידי משטרי עבודה כאלה הן, למשל:

- מכונות לעיבוד שבבי.
- מכשירים למיזיהם.



איור 1 העמסת מכונה בעומס חשמלי משתנה לסירוגין



איור 2 תוכנית של מיתקן חשמלי הכולל לוח ראשי שממנו ניוון לוח משני המזין מכונות ומנועים

- מספריים (גיליוטיות).
- תגורי חשמל לטיפול תרמי.
- מעליות.
- מנופים, ועוד.

איור 1 מצגי דוגמה של העמסת מכונה בעומס חשמלי משתנה לסירוגין.

כדי לחשב את הזרם הצפוי הכללי של המכונה, מביחנת בחירת שטח החתך של המוליך במעגל הזינה, יש להעריך בצורה נכונה את אופן התחממות המוליך.

באופן כללי ניתן להניח, שאם הזרם הגדול ביותר בכל פרקי הזמן נמשך בפרק זמן שהוא קרוב לקבוצת התרמי של המוליך (הזמן עד שמוליך מגיע לטמפרטורה מתרת יציבה), אזי יש לקחת את הערך הזה בתור הערך של הזרם הצפוי המירבי.

אולם, אם שיאי הזרמים נמשכים רק פרק זמן קצר, אפשר לחשב את הזרם הצפוי כערך שקול של כל הזרמים המשתנים I_1, I_2, \dots בפרקי הזמן t_1, t_2, \dots לפי נוסחה (8).

$$I_L = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + I_3^2 t_3 + \dots}{t_1 + t_2 + t_3 + \dots}} \quad (8)$$

חישוב הזרמים הצפויים במעגלי לוח חלוקה תעשייתית

לדוגמה, נתייחס לתוכנית חד קווית כל שהיא של מיתקן חשמלי הכולל לוח ראשי (L.R), שממנו ניוון לוח משני (L.M) המזין מספר מכונות ומספר מנועים (איור 2).

ננסה לחשב את הזרמים הצפויים המירביים בכל אחד ממבלי הזינה המסומנים מ-C1 עד C4, תוך התייחסות לאופייני פעולה של המכונות, בהנחה שהם מוכרים לנו.

לוח המשנה, L.M, שבאיור 2, מוזין שתי מכונות – מכונה "א" ומכונה "ב". כל אחת מהמכונות מצוידת, על ידי היצרן, בלוח הפעלה המזין מספר מנועים. כמו כן, לוח המשנה מוזין עוד שתי מכונות המופעלות על ידי מנועים בודדים (M4 ו-M5).

הזרם הנקוב הכללי של לוח המשנה (L.M), כלומר, הזרם הנקוב של הכולל C5 (I_{NC5}), מחושב באופן הבא:

$$I_{NC5} = I_{N1} + I_{N2} + \dots + I_{N8} = 8 + 6 + \dots + 100 = 324 \text{ A}$$

כאשר, $I_{N1} - I_{N8}$ – הזרמים הנקובים של המנועים חישוב הזרם הממשי שזורים בכבלים C1, C2, C3 ו-C4 שונה בהתאם לאופייני העמסה של המכונות.

להלן תיאור חישוב הזרם בכל אחד מהכבלים.

בשיטה אחרת מחשבים את הזרם הנקוב הכללי לפי סכום הזרמים הנקובים של המנועים $I_{N1}, I_{N2}, \dots, I_{N8}$. את התוצאה מכפילים במקדם עומס ובמקדם התלכדות משוערים כלליים, כלומר:

$$I_{N3} = I_{N1} + I_{N2} + \dots + I_{N8}$$

וסכאן, הזרם הצפוי בכבל C5 יחושב לפי נוסחה (10):

$$I_{LC5} = K_3 \cdot I_{N3} = K_3 \cdot K_2 \cdot I_{N3} \quad (10)$$

כדאי להדגיש שאין מרשם חד משמעי איזו מן השיטות נכונה יותר. לכן, החישוב תלוי במידה רבה ברמת המידע שבידי המתכנן ובניסיונו האישי.

בדוגמה שלפנינו, אם נפעיל את השיטה הראשונה (נוסחה 9) ונניח ש- $K_2 = 0.8$ נקבל:

$$I_{LC5} = 0.8 \cdot (18 + 14 + 85 + 120) = 199 \text{ A}$$

ובשיטה השנייה (נוסחה 10) אם נניח ש- $K_1 = 0.9$ ו- $K_2 = 0.6$ נקבל:

$$I_{LC5} = 0.9 \cdot 0.6 \cdot 324 = 174 \text{ A}$$

הערה חשובה:

בכל מקרה שמחשבים את הזרם הצפוי בכבל הזינה של לוח חשמלי, יש לקחת בחשבון את היציאות השמורות או את ההרחבות הצפויות בלוח לפני שיהיה צורך להחליף את הכבל.

כלומר, במקרה שלפנינו, כדי לחשב את הזרם הצפוי המירבי I'_{LC5} נגדיל את הזרם הצפוי I_{LC5} ב-30 אחוז. הזרם הצפוי הסופי יחושב באופן הבא:

$$I'_{LC5} = 1.3 \cdot I_{LC5} = 258 \text{ A}$$

בחירת שטח החתך של מוליך בהתייחס לטבלאות ההעמסה

המרכיב הבסיסי לבחירת החתך הוא הזרם הצפוי המחושב המהווה, כאמור, אחד משני הגורמים להתחממות המוליך.

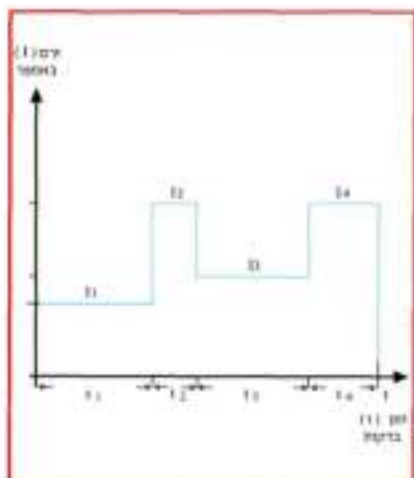
עליית הטמפרטורה של המוליך תלויה, נוסף לזרם הצפוי במוליך, גם בגורמים הבאים:

- פיזור החום שנוצר על ידי הזרם החשמלי.
- השקעת טמפרטורת הסביבה.

אי לכך, כשניגשים לבחור את חתך המוליך על פי טבלאות ההעמסה, חייבים לשים לב ליאותיות הקטנות המלוות את הטבלאות כלומר, לתנאי ההתקנה של המוליך.

הטבלאות הכלולות בתקנות החשמל ייחגמה והננה של מוליכים מבודדים במתח עד 1,000 וולטי (קית 4350) מתחלקות באופן הבא:

- טבלאות 1 ו-2 מתייחסות, בהתאמה, למוליכים מנחושת ומאלומיניום,



איור 3

אופן ההעמסה החשמלית של מכונה M5

בהתאם לנוסחה (8), הזרם הצפוי בכבל C3 יחושב לפי הערך השקול:

$$I_{LC3} = \sqrt{\frac{50^2 \cdot 5 + 120^2 \cdot 2 + 70^2 \cdot 5 + 120^2 \cdot 3}{5 + 2 + 5 + 3}} = 85 \text{ A}$$

חישוב הזרם בכבל C4

בהנחה שלגבי מכונה י"ב אין מידע מדוייק על אופן פעולתה המכנית, קיימות האפשרויות הבאות:

- לחשב את הזרם הצפוי לפי סכום הזרמים הנקובים.
- להעריך את שיעורי המקדמים K_1 ו- K_2 .
- מכיוון שהספקי המנועים M6 ו-M7 קטנים בהרבה לעומת הספק מנוע M8, נתעלם ממקדם התלכדות K_2 , ובהנחה שמנוע M8 מעומס ב-90 אחוז, נחשב את הזרם הצפוי בכבל C4 לפי סכום הזרמים:

$$I_{NC4} = I_{N6} + I_{N7} + 0.9 \cdot I_{N8} = 14 + 16 + 0.9 \cdot 100 = 120 \text{ A}$$

חישוב הזרם בכבל הזינה C5

חישוב הזרם בכבל הזינה C5 המזין את לוח המטנה LM דומה לחישוב הזרם של מכונות "א" ו"ב".

במקרה זה קיימות מספר שיטות חישוב, אך נזכיר כאן רק שתיים מהן.

בשיטה אחת מחשבים את הזרם הצפוי I_{LC5} לפי סכום הזרמים של היציאות:

$$I_{LC5} = K_3(I_{L1} + I_{L2} + I_{L3} + I_{L4}) \quad (9)$$

כאשר:

$$K_3 - \text{מקדם התלכדות משוער כללי}$$

חישוב הזרם בכבל C1

נניח שבמכונה "א" מנוע M1 נמצא בפעולה מתמדת, ומבין שני המנועים M2 ו-M3 רק אחד מהם פועל בעוד שהשני מושבת, ולהפך. כמו כן נניח, שהמנועים מועמסים רק כדי 80 אחוז מהספקם הנקוב.

הזרם הנקוב המתייחס לכבל C1 יהיה שווה לסכום הזרמים הנקובים של המנועים:

$$I_{NC1} = I_{N1} + I_{N2} + I_{N3} = 8 + 6 + 20 = 34 \text{ A}$$

כדי לחשב את הזרם הצפוי I_{LC1} של כבל C1 יש להתחשב בשני מקדמים - מקדם ההתלכדות ומקדם העומס של המנועים.

מקדם ההתלכדות לוקח בחשבון את מספר המנועים בפעולה מתוך כלל המנועים. בדוגמה שלפנינו - 2 מנועים בפעולה מתוך 3, כלומר:

$$K_2 = \frac{2}{3} = 0.66$$

מקדם העומס של המנועים, בדוגמה שלפנינו, הוא 80 אחוז, כלומר:

$$K_1 = 0.8$$

מקדם ההעמסה הכללי יהיה:

$$K_3 = K_1 \cdot K_2 = 0.66 \cdot 0.8 = 0.53$$

הזרם הצפוי המחושב בכבל C1 יהיה:

$$I_{LC1} = K_3 \cdot I_{NC1} = 18 \text{ A}$$

הערה:

היינו יכולים לחשב את הזרם הצפוי I_{LC1} בצורה מדוייקת יותר על ידי צירוף הזרמים המשמיים של מנוע M3 ושל מנוע M1, שהוא הגדול מבין M1 ו-M2. אולם השימוש במקדם ההתלכדות (K_2) מהווה שיטה מעשית, הנהוגה בתיכנון מיתקני חשמל, במיוחד כשמדובר במספר רב של מנועים.

חישוב הזרם בכבל C2

נניח שהמכונה המופעלת על ידי מנוע M4 פועלת באופן מתמיד, והמנוע מעמס כדי 70 אחוז מהספקו הנקוב.

הזרם הצפוי בכבל C2 יהיה:

$$I_{LC2} = K_2 \cdot I_{N2} = 0.7 \cdot 20 = 14 \text{ A}$$

חישוב הזרם בכבל C3

נניח שהמכונה המופעלת על ידי המנוע אינה עובדת בצורה מתמדת אלא כמסטר עבודה קצוב לפי העקומה המוצגת באיור 3. בהתייחס לאיור זה, הנתונים הרלוונטיים הם:

$$t_1 = 5 \text{ min}, I_1 = 50 \text{ A}$$

$$t_2 = 2 \text{ min}, I_2 = 120 \text{ A}$$

$$t_3 = 5 \text{ min}, I_3 = 70 \text{ A}$$

$$t_4 = 3 \text{ min}, I_4 = 120 \text{ A}$$

אולם, אין להסיק מסקנה סופית לפני שמפעילים את מקדמי ההתקנה. כאן המקום להדגיש, אף על פי שבתקנות כתוב שיש להכפיל את הזרם המתמיד המירבי I_{ZC} שבתבלאות במקדמי ההתקנה, תהליך החישוב הוא למעשה הפוך. כלומר, יש לחלק את הזרם הצפוי במקדמי ההתקנה ולהתאים את התוצאה לזרם המתמיד I_{ZC} הקרוב ביותר לזה הרשום בתבלאות.

טבלה 1 מציגה לדוגמה את אופן בחירת החתך של כבל C5.

כפי שמודגם בטבלה 1, יש הבדל ניכר בין הזרם המתמיד המירבי שאינו מתחשב (המשך בעמוד 40)

כדי לבחור בטבלה המתאימה שבתקנות החשמל נבחין שאופן התקנת כבל C5 מתאימה לשיטה "יא" – התקנה על סולמות, וגם לשיטה "ייד" – כבלים טמונים במישרין באדמה. למצב הראשון – התקנה על סולמות – מתאימה טבלה 3. למצב השני – כבלים טמונים במישרין באדמה – מתאימה טבלה 5.

בשתי טבלאות אלה, הזרם המתמיד המירבי I_{ZC} , לאותו חתך, קטן יותר בטבלה 3, ולכן, לכאורה, זאת הטבלה הקובעת, היות שהיא מבטיחה את פיזור החום בתנאים היותר קשים.

המותקנים בצינור או בתעלה סגורה, שבה תנאי פיזור החום הם קשים.

- טבלאות 3 ו-4 מתייחסות, בהתאמה, למוליכים מנחושת ומאלומיניום, המותקנים בתעלות פתוחות, צמודות לקיר, או על סולמות.
- טבלאות 5 ו-6 מתייחסות, בהתאמה, לכבלים מנחושת ומאלומיניום, הטמונים באדמה במישרין או בתעלות.
- טבלאות 7 ו-8 מתייחסות, בהתאמה, לכבלים מנחושת ומאלומיניום, המותקנים בצינורות טמונים באדמה במישרין או בתעלות.

כאשר יודעים את אופן התקנת המוליכים – בצינור, על קיר, על סולמות, באדמה, וכו' – וכן את החומר שממנו הם עשויים, יש לבחור בטבלה המתאימה.

אולם, כדי לבחור את החתך המתאים לגבי הזרם המתמיד המירבי הרשום בטבלאות, יש לשים לב כי הטבלאות מחושבות לתנאים הספציפיים הבאים:

- טמפרטורה אופת באוויר: 35°C .
- טמפרטורה אופת באדמה: 30°C .
- מקדם התנגדות תרמית סגולית של האדמה: $120^{\circ}\text{C} \cdot \text{cm}^2/\text{W}$.

אם התנאים הסביבתיים שונים מאלה הרשומים לעיל, יש להכפיל את הזרם המתמיד המירבי הרשום בטבלאות במקדמים הנתונים בתקנות.

באופן מעשי, בדרך כלל לא משנים את המקדמים המתייחסים לטמפרטורה האופת, כיוון שהטמפרטורה האופת באוויר או באדמה כפי שרשום בתקנות, תואמת את תנאי האקלים בארץ.

יש להתחשב בטמפרטורה אופת שונה רק אם מדובר בהתקנת מוליכים בקירבת מקומות המקרינים חום: דודים, צינורות המשמשים להולכת נוזלים חמים, תנורים למיניהם וכו'.

אשר להתנגדות התרמית הסגולית של האדמה, יש להתחשב בהחלט במקדם התלוי בסוג האדמה שבה טמון המוליך.

מקדם נוסף, אשר יש לקחת בחשבון ביחס לזרם המתמיד המירבי, קשור לאופן התקנת המוליכים. חד גידים או רב גידים, התקנה אופקית או התקנה אנכית, וכן לרווח שבין המוליכים.

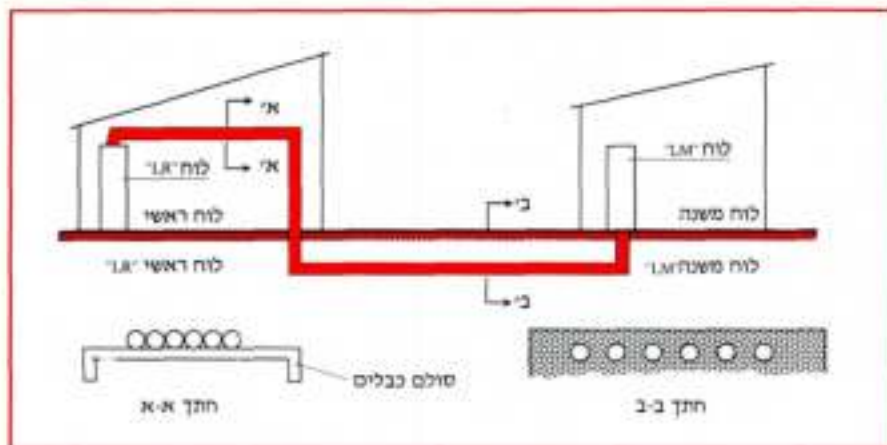
כל המקדמים מופיעים בתקנות החשמל העמסה והנחה של מוליכים מבודדים במתח עד 1,000 וולט.

כדי לסכם את הנאמר לעיל ולהדגים את אופן בחירת כל המקדמים, נחזור לדוגמה המתוארת באיור 2. כדי לחשב את חתך כבל C5, נניח שהכבל מותקן כמתואר באיור 4.

טבלה 1

אופן חישוב החתך של כבל C5 במיתקן החשמל המתואר באיור 2

זרמים/מקדמי התקנה	לפי טבלה 3		לפי טבלה 5	
	טבלה 3	טבלה 5	טבלה 3	טבלה 5
1. זרם מתמיד מירבי I_{ZC} הקרוב ל- I_{LCS} $I_{ZC} > I_{LCS}$			$I'_{ZC} = 2 \cdot 140 \text{ A}$	$I'_{ZC} = 277 \text{ A}$
2. מקדם עבור התקנת כבלים ללא רווח ביניהם ובתנוחה אנכית על סולמות (חתך א-א')		$K_{DA} = 0,68$		
3. מקדם עבור התקנת כבלים ללא רווח ביניהם ובתנוחה אנכית על סולמות (חתך ב-ב')			$K_{DB} = 0,70$	
4. מקדם עבור התקנת כבלים באדמה סגולית בעלת התנגדות תרמית סגולית של $200^{\circ}\text{C} \cdot \text{cm}^2/\text{W}$				$K_{TE} = 0,81$
5. הזרם הצפוי I'_{LCS} המוגדל על ידי מקדמי ההתקנה הנ"ל		$I'_{LCS} \cdot K_{DA} = 380 \text{ A}$	$I'_{LCS} \cdot K_{DB} \cdot K_{TE} = 455 \text{ A}$	$I'_{LCS} = 455 \text{ A}$
6. הזרם המתמיד הקובע לפי הטבלאות $I_{ZC} > I'_{LC}$		$2 \cdot 215 \text{ A}$	$2 \cdot 247 \text{ A}$	$2 \cdot 120 \text{ mm}^2$



איור 4

אופן התקנת כבל C5 במיתקן החשמל המתואר באיור 2

יישום טכניקות סיפרתיות ממוחשבות במיתקני צרכנים גדולים

אינג' סילביה מנדלבאום

כשמשווים את מיתקני החשמל שהוקמו בשנים האחרונות לעומת המיתקנים שהיו בעבר, אין להתעלם מההתקדמות הניכרת שחלה בתחום זה. הבקרים האלקטרוניים, המיקרופרוססורים, המחשב ומיגוון רחב של רכיבים אלקטרוניים שחדרו לתחום מיתקני החשמל, עשויים להעלות את אמינות מיתקני החשמל ולהקטין את הנזקים הנגרמים בגין תקלות חשמל.

מקום חשוב נועד למערכות הנגה שונות בשל הגמישות והדיוק בפעולתן, דבר המבטיח השגת תנאים סלקטיביים, כלומר ניתוק אופטימלי של חלקי מיתקנים שבהם אירעה תקלה חשמלית.

התקנת המחשב, המיקרופרוססור, הרשת התקשורתית הקשורה בהם וכו', כרוכה בהוצאות לא מעטות, אך בסופו של דבר, ב"שורה התחתונה", הטכניקות החדשות הממוחשבות משלמות את עצמן.

מאמר זה סוקר את יישום הטכניקות הסיפרתיות הממוחשבות במיתקני צרכנים גדולים.

- דיווח, בזמן אמת, של הערכים והפרמטרים השונים במיתקן.
- התראות במני טרם תקלה.
- תקשורת נתונים של הפרמטרים, התראות והדיווחים השונים למחשב.

בעבר, מערכות ההגנה פעלו באופן עצמאי ולא היתה לצרכן אפשרות לשאול "לשלומה" או לדעת מהו. שילוב טכניקות סיפרתיות במערכות ההגנה מעניקה להן את היכולת "לדבר". הקניית תכונת ה"דיבור" מאפשרת דו שיח בין הצרכן ובין מערכת ההגנה. דו שיח זה מקנה אפשרויות הנגה נוספות במסגרת ההגנה הכוללת, על ידי קביעת לוגיקות הנגה על השותפים במיתקן הזקוקים להגנה.

מדידה, אגירה ודיווח

לא אחת עומדים הצרכנים במני חשבון חשמל או תקלות במיתקן ושואלים: "מה פשר הצריכה המוגדלת?", או "מה מקור התקלה ומה הגורם לה?"

תשובות לשאלות לעיל ניתן לקבל באמצעות מעקב מדויק ו"יחסי", המאפשר גם את אגירת הנתונים על פרופיל הצריכה של המיתקן, ערכי הצריכה וההזנה החשמליים שלו.

שילובו של המיקרופרוססור במערכות מדידה, אגירה ודיווח מאפשר:

- מיגוון רחב של מדידות ערכים חשמליים שונים תוך כדי שימוש בצידוד מדידה זעיר.
- מבט צמוד, עיקבי והיסטורי אחר פרופיל הצריכה של המיתקן החשמלי.
- מבט מדויק על האיות הסינוסואידלית של גל מתח הזינה, על כל הפרמטרים החשמליים המושפעים מכך: kVA , $Cos \phi$ וכו'.
- קבלת דיווחים רצוניים של ערכים שונים שנמדדו.
- קבלת התראות במני מצבים קיצוניים.

הגנה על קווים ומיתקנים דיווח

כיום, רמת המורכבות של מיתקני החשמל גדלה, ויחד איתה גדל גם קצב גידול המיתקן, המתבטא בהוספת קווים וצרכנים. לפיכך, מערכות ההגנה על המיתקנים החשמליים צריכות לענות על דרישות נבחרות יותר מבחינת אמינות, מהירות תגובה, דיוק וגמישות לשינויים. שילוב מיקרופרוססור בהגנות אלו מאפשר למיתקני החשמל לעמוד בדרישות האלה.

יחידת הנגה משולבת מיקרופרוססור מאפשרת:

- גמישות בקביעת ערכיהם של אופייני ההגנה השונים, בהתאם לנדרש ובהתאם למוכתב על ידי זרמי הקצר והזלינה במיתקן.
- גמישות בקביעת האופיין התרמי של ההגנה על ידי אפשרות בחירה בתחום רחב של קבועי הזמן התרמיים, החל מ-4 דקות ועד ל-180 דקות.
- גמישות בקביעת האופיין המושהה של ההגנה לזרמי קצר מופעיים על ידי אפשרות בחירה אינרסופית של אופיין מאחת מארבע קבוצות אופייני ההגנה בעקומות זמן מהסוגים: Independent, Very Inverse, Inverse ו"Very Very Inverse".
- גמישות בקביעת זרם וזמן אופיין ההגנה המידי לזרמי קצר מופעיים של המיתקן.
- גמישות בקביעת זרם וזמן אופיין ההגנה המידי לזרמי זלינה של המיתקן.
- גמישות בקביעת אחד או יותר מסוגי האופייניים השונים הנדרשים להגנת המיתקן.
- הגנה על פי ערכי הזרם הממשיים במיתקן (True RMS).
- "ביטולי" השפעתן של הרמוניות זרם שונות לצורכי ההגנה.

הגנה על מנועים ודיווח

תקלות חשמליות ומכניות שונות במנועים ובמעגלי הזינה שלהם באות לידי ביטוי בזרם הזינה.

גם כאשר התקלה במנוע אינה חמורה במיוחד, נגרם נזק למנוע, הבא לידי ביטוי בקיצור אורך חייו. לדוגמה: אם המנוע יפעל בטמפרטורה הנבונה בכ-10 מעלות צלסיוס מעל לטמפרטורה המותרת, אורך חייו יקטן בחצי.

שימוש ביחידת הנגה על המנוע, המשולבת במיקרופרוססור מקנה:

- הגנה תרמית למנוע ביחס ישר להתחממותו, בהתאם לתנאי עבודתו.
- הגנה במני עומס יתר.
- הגנה במני קצרים פנימיים במנוע.
- הגנה במני חוסר מופע בהזנת המנוע.
- הגנה במני זרמי זלינה.
- הגנה במני רוטור תופס.
- הגנה במני התנגות ממושכות.
- הגנה במני תת עומס (עבודה בריקס) – חשובה במיוחד על מנועי משאבות.
- הגבלת מספר ההתנגות כפרק זמן מסויים והפרישי ומנים בין התנגות.
- דיווח, בזמן אמת, על הערכים והפרמטרים השונים של מספר ההתנגות המותרות, מצב תרמי וערכי הזרם במנוע.
- דיווח על משך זמני ההתנגה וערכי זרמי ההתנגה.
- התראות במני מצבי טרם תקלה.
- גמישות בקביעת הפרמטרים וערכיהם השונים, בהתאם למנוע המונן.
- אפשרות תקשורת נתונים של הפרמטרים, התראות והדיווחים השונים למחשב.

ס' מנדלבאום – מהנדסת יעוצת, י.א.מ. הנדסת מרוויקסים ומערכותי בע"מ

■ תקשורת נתונים של הפרמטרים, ההתראות והדיווחים השונים למחשב לשם מעקב ולשם ניהול מערכת חישובים סטטיסטיים וטכנולוגיים שונים.

תיכנון המיתקן החשמלי וקביעת ערכי כיוול של ההגנות

את מערכות ההגנה הממוחשבות, כמו גם את מערכות ההגנה המסובלות, יש לכיול ולקבוע את אופייניהן בהתאם למיתקן החשמלי שבו הן מתפקדות. קביעת ערכי הכיול והאופייניים סבוכה כיום יותר מאשר בעבר, בשל מורכבותו של מיתקן החשמל ובשל התמורות העשויות לחול במיתקן (במיוחד במפעלים גדולים) עם הוספת צרכנים וקווי הזנה בגלל שינויים בתהליך הייצור.

הגורם העיקרי במערך הגנות הוא הסלקטיביות בין הסרכיבים השונים. הסלקטיביות בין ההגנות וקביעת ערכי הכיולונים מושפעת על זרמי היתר במיתקן החשמלי הן מבחינת עומס יתר והן מבחינת זרמי הקצר.

חישוב זרמי הקצר והזליגה ובניית סלקטיביות הגנתית הם נושא מורכב ביותר, שכן רבים הם המרכיבים הצריכים להילקח בחשבון.

בחישוב זרמי קצר וזליגה יש להתחשב, לדוגמה, בגורמים הבאים:

- מתח המיתקן.
- מבנה קווי החשמל, ביזורם ואופיים – עילו או תת קרקעי.
- התנגדות הכבלים והינבם.
- מבנה הרשת במיתקן החשמלי – בעיה סבוכה במיתקנים מורכבים, הכוללים רשתות טבעיות וראדיאליות, המונות ממספר מקורות.
- מבנה השנאים והספקם.
- הספקי קצר מירביים בנקודת החיבור עם רשת חברת החשמל.
- אומי הצרכן המחובר לרשת (קצר בקו הזנה למנוע יגרום לאנרגיית קצר גבוהה יותר בשל הפיכתו לגנרטור).
- גורמים נוספים.

סיכום

מכל האמור לעיל, יוצא שהשימה להשגת הגנה אופטימלית על מיתקן חשמלי של צרכן גדול היא מורכבת ביותר.

מתכנן הניצב לפני בעיה כזאת, צריך לבצע מספר רב של חישובים ולשרטט עקומות זרם-זמן שיבטיחו באופן מעשי פעולה סלקטיבית של מערכת ההגנות.

לצורך חישובים אלה קיימות כיום תוכנות מחשב. תוכנות אלה מכילות ספריות נתונים על מערכות הגנה מדגמים שונים ושל יצרנים שונים. הדבר מאפשר לשנות

במהירות את הנתונים הבסיסיים ולהתאים למצבים השונים.

לדוגמה, אם קיים מיתקן חשמלי של צרכן גדול הסובל מהפסקות בלתי סלקטיביות, אפשר, בעזרת המחשב, לאתר את סיבת הפעולה הלוקוייה של מימסרי ההגנה, לכוון אותם מחדש, ובמידת הצורך לקבוע איזה מימסר, או מימסרים, יש להחליף.

כל הפעולות האלה אינן נעשות באופן "אוטומטי" על ידי המחשב, אלא הן דורשות התערבות של צוות מקצועי מיומן ובעל ניסיון, שיידע לקשור את הקצוות בין החישובים לבין הנעשה בשטח.

לשם דוגמה, הוונו למחשב נתונים של מיתקן חשמלי מסויים. בפלט הממוחשב (איור 1) מוצגות עקומות ניתוק זרם/זמן של כמה מימסרי הגנה המותקנים במקומות שונים במיתקן החשמלי. המימסרים הם מסוגים הבאים:

R15, R11, R10, B13 – בעלי אופיון משולב תרמי ומגנטי.

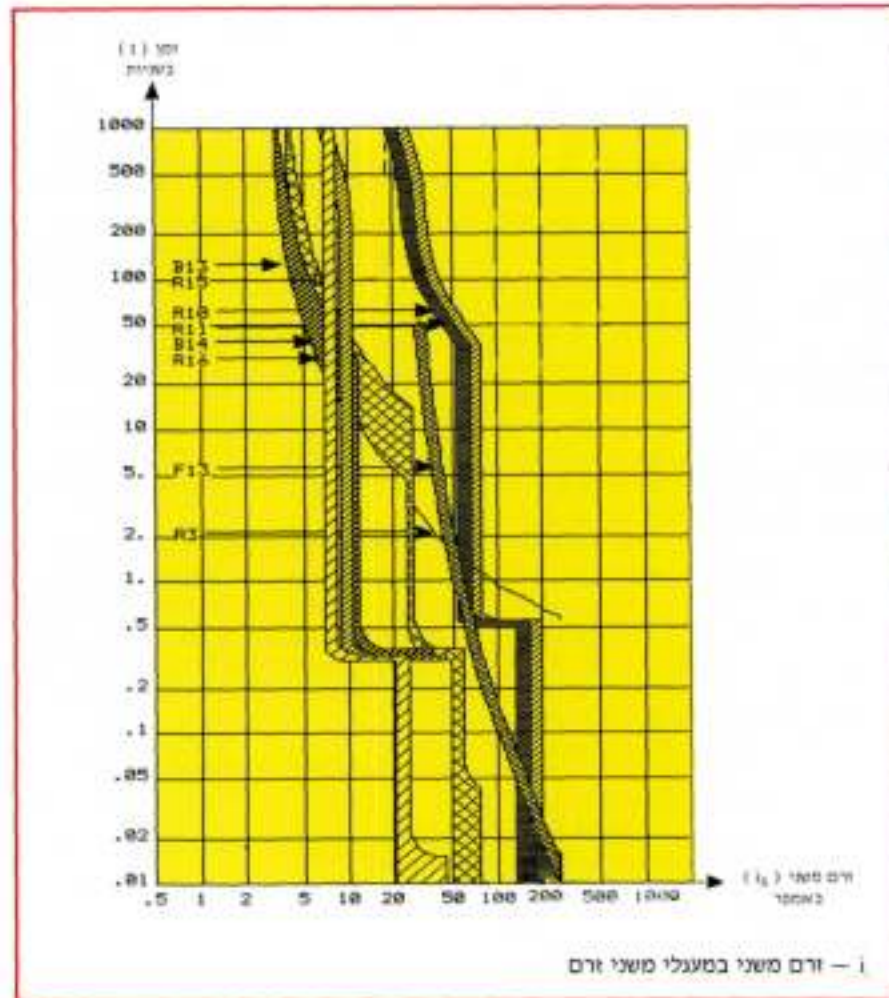
R16, B14 – בעלי אופיון Independent time.

F3, R3 – בעלי אופיון Inverse time.

מעיון בעקומות מתקבל שאם עובר דרך מעגלי הזרם של המימסרים R16, B14 ו-R15 זרם חולף בעוצמה של 15 אמפר במשך כ-0.5 שניה, אזי כל שלושת המימסרים יתקו חלקי מיתקנים שונים, למרות ההנחה שרק המימסר R15 היה אמור לפעול ולנתק רק חלק מהמיתקן החשמלי. במילים אחרות, מערכת ההגנה מפעלת בצורה בלתי סלקטיבית.

היתרון הגדול של עיבוד הנתונים בעזרת המחשב הוא בכך שניתן להווי בקלות את העקומות, לשנותן או לבטלן באופן שתושג סלקטיביות אופטימלית תוך כדי שימוש בכל האפשר, במספר מועט של אמצעי הגנה יקרים.

המטרה הסופית של יישום הטכניקות החדשות לבני הצרכן היא חד משמעית – חיטכון בכסף ובאמצעים.



איור 1
אופיינים של הגנות על מיתקן חשמלי

חיבורים מתוורגים במיתקני חשמל

אינג' לורנס פוטיצ'יו

החיבור בין רכיבים מוליכי חשמל שונים, המרכיבים את מיתקן החשמל, מבוצע בשיטות שונות: הברגה, לחץ, הלחמה ועוד. כאשר מבצעים חיבור מתוורג, לא תמיד ברור באילו ברגים יש להשתמש ואיזה מומנט יש להפעיל כדי לבצע את הסגירה התיקנית.

התקן הגרמני DIN 43678, שאומץ על ידי הקהילה הבינלאומית, דן, בין היתר, גם בנושא זה. מטרת מאמר זה היא להציג את המידע הנדרש לצורך ביצוע חיבורים במיתקני חשמל באמצעות ברגים ואומים כפי שהוא משתקף בתקן הנ"ל ואומץ במיתקני חברת החשמל.

סוג החומר שממנו עשויים רכיבים שונים במיתקני חשמל

כאשר יש לבצע חיבור בין רכיבים חשמליים שונים במיתקני חשמל, פסי צבירה, נעלי כבל וכו', צריך להתייחס לסוג החומר ממנו עשויים אותם הרכיבים.

החומרים שמהם עשויים, בדרך כלל, הרכיבים המוליכים במיתקני חשמל הם:

- אלומיניום.
- נחושת.
- סגסוגת אלומיניום או סגסוגת נחושת.

כשמדובר ברכיבים מאלומיניום הם עשויים, בדרך כלל, מ-E-ALF6.5, E-ALF8 ו-E-ALF10.

ברוב המקרים, החוזק המכני של הרכיבים מאלומיניום לא עולה על 70 ניוטון לממ"ר.

החוזק המכני של רכיבים מנחושת או מסגסוגת נחושת שווה ל-70 ניוטון לממ"ר או גדול ממנו. דוגמה לרכיב מסוג זה הוא פס צבירה מנחושת.

קיימים רכיבי מיתקנים מיוחדים, העשויים מאלומיניום או מסגסוגת אלומיניום, שהחוזק המכני שלהם שווה ל-70 ניוטון לממ"ר או גדול ממנו. רכיבים מיוחדים אלה יכולים להיות מסוג E-ALF10 או מסגסוגת אלומיניום כגון E-ALMgSi0.5 מכל חוזק.

החיבורים המתוורגים כוללים בדרך כלל:

- בורג.
- דיסקית קפיצת.
- אום.

ל מוטיצ'יו – מחלקת רתיק, חליב ותפול, הרשת הארצית, אגף הנדסת, חברת החשמל לישראל

חיבור רכיבים מנחושת

לצורך חיבור רכיבים העשויים מנחושת, או מאלומיניום, בעלי דרגת חוזק גבוהה, משתמשים בברגי פלדה שדרגת חוזקם היא 8.8 (דרגת החוזק של הברגים, האומים וכו' מפורטת בתקן הבינלאומי ISO 898).

במקרים מסויימים, תלוי במקום השימוש, הברגים יהיו בעלי ציפוי נגד שיתוך (קורוזיה). הציפוי, אם יש בו צורך, יהיה ציפוי גלוני.

גודל מומנט הסגירה של הבורג מותאם לקוטר הבורג. טבלה 1 מציגה את ערכי מומנט הסגירה של הברגים בהתייחס לקוטרם לצורך הסגירה יש להשתמש במפתח מומנטים מתאים.

הדיסקית הקפיצת היא מסוג דיסקית צלחת עשויה מפלדה. המידות והנתונים הטכניים יהיו בהתאם לדרישות בתקן הגרמני DIN 6797.

הצורך בציפוי הדיסקית, בדומה לבורג, תלוי במקום השימוש. בכל מקרה יש צורך בציפוי הוא יהיה ציפוי גלוני.

בכל המקרים שבהם מדובר בחיבור של רכיבים חשמליים באמצעות בורג ואום, יש להשתמש גם בשתי דיסקיות קפיצת (דיסקיות צלחת).

דיסקית אחת מונחת בין ראש הבורג והרכיב, והשנייה – בין האום והרכיב המחובר (איור 1).

השימוש בדיסקית צלחת מבטיח שבמקרים של רעידות, החלקים לא ייפתחו. הוא גם מונע את הפגיעה בשטח המגע של הרכיבים, במקרה שצריך לשחרר את ההברגה. כדי לבצע את הסגירה פעם נוספת אין צורך בליטוש מני השטח של החלק שמתחת לדיסקית.

אם צריך לנקות את שטח המגע בין החלקים המחברים, יש להשתמש אך ורק במצירה מתאימה ולא בנייד זכוכית.

בהתאם למקרה, אם יש צורך להשתמש באום, הוא צריך להיות בעל חוזק בדרגה 8.

ערכו של מומנט סגירה המופעל על אום המולכש על הבורג הוא בהתאם לקוטר הבורג (טבלה 1).

טבלה 1

מומנט הסגירה של ברגים המשמשים לחיבור רכיבים מנחושת

גודל הבורג בסידרה (מ"מ) (M)	מומנט הסגירה (ניוטון-מ"מ)
M4	2.5
M5	5
M6	8
M8	20
M10	40
M12	70

גם במקרה של סגירת אום המולכש על גבי בורג קבוע (פרזון) ערך מומנט הסגירה יהיה בהתאם לנתונים בטבלה 1.

כאשר יש לחבר חלק שחוזקו המכני שווה ל-70 ניוטון לממ"ר, עשוי מנחושת או מסגסוגת אלומיניום קשה, לחלק מאלומיניום רך, שחוזקו המכני קטן מ-70 ניוטון לממ"ר, סגירת הברגים והאומים תבצע לפי הדרישות המוכתבות מהחומר שחוזקו המכני קטן יותר (אלומיניום).



מקרא:

- 1 – בורג.
- 2 – דיסקית קפיצת.
- 3 – רכיבי המיתקן (מנחושת או מאלומיניום).
- 4 – אום.

איור 1

חיבורים מתוורגים של רכיבים במיתקני חשמל

הבחירה בחומר הציפוי של אמצעי החיבור לרכיבי אלומיניום היא בסדר המועדף הבא:

- אבץ (0.76- מיליוולט).
- ניקל (0.25- מיליוולט).
- כדיל (0.15- מיליוולט).

חיבור רכיבים מנחשת

הפוטנציאל החשמלי של נחושת הוא +0.35 מיליוולט.

הבחירה בחומר הציפוי של אמצעי החיבור לרכיבי נחושת היא בסדר המועדף הבא:

- כדיל (0.15- מיליוולט).
- ניקל (0.25- מיליוולט).

חיבור רכיבים מנחשת מצופה בכדיל

הפוטנציאל החשמלי של נחושת מצופה בכדיל הוא 0.15- מיליוולט.

הבחירה בחומר הציפוי של אמצעי החיבור לרכיבי נחושת היא בסדר המועדף הבא:

- ניקל (0.25- מיליוולט).
- קדמיום (0.42- מיליוולט).

בכל מקרה שמשמשים באמצעי חיבור מצופים בציפוי גליוני, יש לדרוש ולבדוק שהאיכות והעובי של הציפוי עומדים בדרישות התקנים המתאימים.

מאז הסגירה הראשונה לחזור עליה. גדלו של מוטנט הסגירה במקרה זה יהיה זהה לזה לזה שהופעל בסגירה הראשונה.

חיבור רכיבים העשויים מאלומיניום מתבצע באמצעות אמצעי החיבור כמתואר באיור 1.

ציפויים גליוניים של אמצעי החיבור

השימוש באמצעי חיבור בעלי ציפוי גליוני נעשה במקרים הבאים:

■ הרכיבים המחוברים עשויים מאלומיניום או מסגסוגת אלומיניום (ללא תלות בחוזק המכני של החלק).

■ חומרי החיבור צריכים לעמוד בתנאי שיתוך (קורוזיה).

הפוטנציאל החשמלי של החומר המשמש לציפוי הגליוני צריך להיות קרוב לזה של החומר שממנו עשוי הרכיב, כך שהפרש הפוטנציאלים שיתקבל בין הציפוי ובין הרכיב יהיה קטן ביותר.

חיבור רכיבים מאלומיניום

הפוטנציאל החשמלי של אלומיניום הוא 1.45- מיליוולט.

חיבור רכיבים מאלומיניום

חיבור רכיבים העשויים מאלומיניום שחוקם המכני קטן מ-70 ניוטון למסיר יבוצע באמצעות ברגים, דיסקית צלחת ואם העשויים מפלדה.

דרגת החוזק של הברגים תהיה 4.8 או 5.6. ודרגת החוזק של האם תהיה 5.

גם במקרה זה, גדל מוטנט הסגירה תלוי בקוטר הברג (טבלה 2).

טבלה 2

מוטנט הסגירה של ברגים המשמשים לחיבור רכיבים מאלומיניום

מוטנט הסגירה (ניוטון-מ') ¹	גודל תבורג בסיידרה (מ"מ)
1.2	M4
2.5	M5
4	M6
10	M8
20	M10
35	M12

לנבי רכיבים העשויים מאלומיניום, שחוקם המכני נמוך (קטן מ-70 ניוטון למסיר), יש צורך, אחרי שחלפו 6 שבועות

עבודת רשת "בטיחותית" במדינה מתפתחת*



* מורטס ב-SCIENTIFIC AMERICAN, ספטמבר 1990

החשמל
מדריך 2000 לענף החשמל
1999/01

מדריך החשמל נוצר בעיקריות שיתוף המטלה בין דמי זהב ובין דובר חברת החשמל והמתקנה ליועל הצריכה באגף הנרכשת של החברה.

זהו מדריך מקצועי מסווג לענף החשמל ובו, לנד משמע סיווגים של העסקים בענף, גם מידע מעין והדרכה בנושאים שונים שהם מעניינם של העוסקים בתחום החשמל.

המדריך מופץ בדיוור ישיר לעוסקים בתחום החשמל, לרבות ספקים, מתכננים, מבצעים, השמלאי תעשיית, השמלאי התתיישבות העובדת ורכים אחרים.

למען הבטחת ייצובם במדריך הבא, סלפנו (בחינם) 0770222000 או למייל 03-7532243

מערכות פסיביות להגנה על כבלי חשמל מפני אש

יורם אורדן

כיום משתמשים במבחר רב של שיטות למניעת שריפות כבלים או להקטנת הנזק האפשרי לכבלים במהלך השריפה ואחריה. יחד עם זאת, סוגי כבלים חדשים, עמידים יותר בפני סיכוני אש, ציפויי מינון מפני אש, תעלות וחומרים לאיטום מעברים חסיני אש, הם בעלי חשיבות מכרעת. קיימים הבדלים ניכרים בין המערכות המוצעות, בכל הנוגע למידת ההגנה מפני שריפות, יעילות, שרידות ורבי-תכליתיות.

אולם, עם כל הפיתוחים והחידושים בכבלים חסיני-אש ובשיטות לגילוי וכיבוי שריפות של כבלים, אין תחליף לאיטום מעברי כבלים וצנרת אשר ימנעו תמיד, יהיה סוג הכבלים אשר יהיה, ותהיה מערכת הגילוי והכיבוי משוכללת ככל שתהיה, את התפשטות האש, העשן והגזים.



השריפה בתחנת הכוח בגוטנבורג

תחנת הכוח בגוטנבורג שותקה לשנה לאחר ששריפה כילתה את הכבלים כ"פירי הכבלים, בחדר הבקרה ובחדר המיטרים. נוסף לכך נגרם נזק כבד לצידוד התיפעול.

מערכת הטורבינות שהיתה חמה הכילה כחמש טונות שסן לסיכוד (בלחץ של כ-1.5 אטמוספירות, ובטמפרטורה של 58 מעלות צלסיוס), שאוחסנה במרתף. הטורבינה הופעלה על ידי קיטור בלחץ של 100 אטמוספירות ובטמפרטורה של 525 מעלות צלסיוס. מהמרתף של הטורבינה, דרך "פירי פתוח, עברו כבלי כוח ופיקוד למרכז הבקרה.

האש פרצה בעת טיפול במערכת השמן. השמן שפרץ, נול והגיע למתכת החמה ולא ידוע אם לצניור קיטור בלתי מבודד או למנורה בלתי מוגנת) ומיד התלקח. משם התפשטה האש במהירות לכבלים שעל הסולמות במרתף ומהם הלאה, לאורך הכבלים, במעלה הפיר למרתף הכבלים ולמרכז הבקרה.

לאחר השריפה נעשו בדיקות בתחנת הכוח כדי לבדוק את התנהגות הכבלים המצופים בחומרים פלסטיים, בתנאי שריפה, לחץ התוצאות.

- הכבלים המצופים בחומרים פלסטיים באגדים אנכיים יכולים להידלק ולבעור במהירות. האש אחזה בעיקר בבידוד הגומי. הציפוי הפלסטי התפחם ונשרף חלקית.
- הכבלים, לאחר שהתפחמו, או לאחר שהאש עליהם כובתה, התלקחו מחדש בקלות. כבלים המצופים בגומי יכולים להתלקח אפילו ללא מגע עם האש. די באוויר חם או בחקרנת חום שיגרום להצתתם.
- כבלים המבודדים ב-PVC בוערים היטב ומעבירים את האש בצורה אנכית. מעטה הפלסטיק שלהם נמס ומטפף תוך כדי בעירה. יתכן שבקטעים אופקיים הסיכון להתפשטות האש קטן יותר.

י אורדן - מנכ"ל חברת מערכות מינון אש בי"מ

כבלי חשמל - איום מתמיד

על רכוש, בריאות וחיי אדם

כאשר קוראים בעיתונים על אסונות אש, אנו מוצאים, לעיתים קרובות, משפטים כגון, "קצר בכבל חשמל גרם אסון" או "דליקה בכבל קיפחה את חייהם של חמישה אנשים בניין רב קומות".

כבלי חשמל עשויים:

- להוות גורם לדליקה בגלל קצר, עומס יתר, יצירת קשת חשמלית וכדומה.
- לאפשר את התפשטותה המהירה של האש, בעיקר בארובות כבלים אנכיות, בסולמות ובמגשי כבלים אופקיים.
- לגרום לשריפות משנה, כאשר טיפות בוערות של פלסטיק מומס מטפטפות על חומר דליק המצוי בסביבה.

הסיכון החמור ביותר משריפת כבלים הוא ההתפשטות המהירה של האש. במעברים אנכיים, קצב התפשטות אש של 20 מטר בדקה (חמש קומות) נחשב לדבר מציאותי!

הבידוד והמעטפת של רוב הכבלים, המשמשים כיום במדינות המתועשות, עשויים מחומרים פלסטיים. מליוניניל כלוריד (PVC) הוא אחד המרכיבים העיקריים. נוסף על כך נעשה שימוש בחומרים כגון:

- פוליאתיילן (PE-POLYETHYLENE)
- פוליאתיילן מוצלב (XLPE-CROSS-LINKED POLYETHYLENE)
- פוליפרופילן (PP-POLYPROPYLENE)
- סוגי גומי סינתטי (LPR/CR), אולם בהיקף קטן יותר.

כבלי כוח נעשה שימוש במקרים רבים בשילוב של פוליאתיילן לבידוד ו-PVC. שהוא חומר זול יותר, במעטפת החיצונית.

כל החומרים האלה הם חומרים דליקים.

- שלושה נזקים נגרמים כתוצאה משריפות:
- **נזק ישיר** מהחום הנוצר מהאש בכבלים הכתומים.
- **נזק עקיף** על ידי הגזים והאדים הנפלטים מהכבלים הבורעים.
- **נזק מושהה (חוזר).**

נזק ישיר

הנזק הישיר הנגרם כתוצאה מהשריפה הוא הרס הכבלים ומערכת התמיכה בכבלים, וכמו כן הרס ציוד והרס מבני מלדה ובטון, הנחשפים באופן ישיר לאש.

נזק עקיף

נזק זה נגרם על ידי גזים הנפלטים מהכבלים הבורעים. הנזק החמור ביותר נגרם כתוצאה משריפת מעטה ה-PVC. כתוצאה משריפת PVC נפלגות כמויות גדולות של גז מימן כלורי (HCl). גז זה מתפשט, באמצעות המשיכה התרמית של האש, לכל רחבי המבנה ומגיע לאזורים אשר בצורה אחרת לא היו נפגעים כלל על ידי החום והלהבות.

1 ק"ג של PVC המכיל 35% כלור מסוגל לפלוט בזמן בעירתו 360 גרם של גז מימן כלורי. כאשר גז זה בא במגע עם אדי מים נוצר ליטר אחד של חומצת מימן כלורי (חומצת מלח). הגז, מימן כלורי, מתפשט בתוך המבנה כולו מתעבה על פני מיטות, קרים, טיפות חומצת מימן כלורי שנוצרו נשארות על פני המיטות במשך ימים שבועות, וגורמות נזק, שאינו ניתן לתיקון, למיטות, מתכת, למגעים חשמליים ולציוד חשמלי.

עד לרגע שבו מתחילות משולות הניקיון בכניינים שנפגעו בשריפה, הנזק שנגרם הוא בלתי הפיך. אפילו בטון מוזון יכול להיחרס בעקבות התגובה שבין תרכובות הסיידן הקיימות במרכיבי הבטון ובין חומצת מימן כלורי; תוצר התגובה הוא סידן כלורי – תרכובת מסיסה, המסוגלת לחדור גם לעומק הבטון ולהגיע עד ליוון הפלדה. כתוצאה מכך מתחיל תהליך של "שיתוך כלורי" – היווצרות חלודה העלולה, בסופו של דבר, לגרום לביקוע ולשיכוב הבטון, כלומר, לגרום הרס למבנים אשר לכאורה לא נפגעו מן האש כלל.

נזק מושהה (חוזר)

ההרס הסמוי כתוצאה מהחום והמשיכתו עלול לגרום נזקים במיתקנים ובציוד, גם לאחר שהמיתקן חזר למעול. תוצאת נזקים אלו היא השבתה חוזרת של המיתקן, המלווה בהפסדי ייצור ובפגיעה באיכות המוצר, וכתוצאה מכך נגרם אוכדן לקוחות ונתח שוק. ידועה התופעה שעסקים רבים אינם מתחילים מחדש את שעריהם לאחר שריפה!

הסכנה הבריאותית

לכל האמור לעיל, יש להוסיף גם את הסיכון הבריאותי המסתווה לשריפת הכבלים. גם

כאן, כבלי PVC מהווים את הסכנה הגדולה ביותר. חשיפה, ולו גם הקצרה ביותר, למימן כלורי בריכוז נמוך גורמת לגירוי חמור בקרום הרייריים שבמערכת הנשימה ובעיניים. קיימת גם האפשרות שהנזק יהיה בלתי הפיך.

בהשפעת המימן הכלורי נוצר הגז חד-תחמוצת הפחמן (CO), שהוא גז רעיל ביותר, במקום הגז דו-תחמוצת הפחמן (CO₂), שהשפעתו המזיקה כמעט אפסית. הסיכון של הרס מערכת הדם כתוצאה מחד-תחמוצת הפחמן גדל, עקב הימצאותו של המימן הכלורי גם בריכוזים נמוכים של חד-תחמוצת הפחמן.

לעיתים קרובות קיימת נטייה להמעיט בערך הסיכון לחיי אדם הטמון בריכוז גבוה של גזים רעילים כתוצאה מצירוף של חומצת מימן כלורי עם חומרים אחרים, הנפלטים בעת התפרקות ה-PVC באש.

כבלים בעלי סיכון מוקטן לשריפה

שימוש בכבלי חשמל בעלי מוליכים, בידוד ומעטפת בלתי מתלקחים, עשוי לחסל את הסיכון של אש האוחזת בכבלים. כבלים מסוג זה מכונים "כבלים מינרליים", והם מהווים את אחד הפיתרונות האפשריים לבעיה זו. בכבלים אלו, המעטפת בנויה מסתכת והמוליכים מבודדים באמצעות אבקה מחומר בלתי אורגני ובלתי מתלקח, כגון, תחמוצת מגנזיום. אולם השימוש בסוג זה של כבלים מוגבל בגלל בעיות בהתקנה (כיסוף חיבורים) ובגלל העדר כבלי מתח רב ידדים גדולים יותר.

אמצעי מינון על כבלים

אף על פי שקיימים כבלים מסוג חסין אש, הרי במספר רב של מיתקנים חדשים נעשה עדיין שימוש בכבלים קטנוניות-אלאיים, נוסף לנקיטת אמצעים למינון מפני אש.

אמצעי המינון על כבלים מפני אש כוללים את השיטות הבאות:

- ציפוי מגן על הכבל מפני אש.
- מערכות מתאים/הצפה ומערכות כיבוי אש קבועות אחרות.
- איטום מעברי הכבלים.

אמצעי המינון הללו ניתנים ליישום גם במיתקני כבלים ישנים, ואינם תלויים בסוג הכבל.

ציפויי כבלים להגנה מפני אש

תפקידם של ציפויי כבלים להגנה מפני אש הוא:

- לעכב את הנזקים שהאש גורמת לכבלים באופן שניתן יהיה להחזיק את הכבלים במצב תיפעולי למשך מרחק זמן נוסף, גם בתנאי חשיפה חמורים לאש.

- למנוע התפשטות אש לאורך "צמות" כבלים או לאורך כבלים בודדים, אנכיים או אופקיים.
- לשמור על כושר המוליכות של הכבלים.
- לשמור על גמישותם, לפחות במידה שתאפשר ספיגה של התפשטות תרמית של הכבלים בהשפעת הטמפרטורה, ללא היווצרות סדקים.
- להיות בעלי תכונות מכניות מתאימות.
- להיות עמידים לאורך ימים בפני לחות, מים, תנאים אקלימיים, קרינה אולטרה סגולה.
- להתאים למינון הרחב של חומרים כימיים העשויים להימצא בשימוש תעשייתי (חומרי ניקוי, ממיסים, חומרי סיכה וכדומה).
- להתאים לכל סוג החומרים המשמשים למעטפת החיצונית של הכבל.
- להיות בעלי כושר הידבקות מתאים.
- להיות בעלי עמידות גבוהה בתנאי חץ ובעלי אורך חיים זהה לזה של הכבל עצמו.
- להיות קלים לכיוצו בשיטות העבודה המקובלות.
- לא לגרום לבעיות בעת הסרת כבלים קיימים או בעת התקנת כבלים נוספים.

סוגי הציפויים של הכבלים

ניתן לחלק את הציפויים הנמצאים בשימוש ברחבי העולם לשלוש קבוצות עיקריות:

- ציפויים בעלי בידוד תרמי (סוגי טייט קל, חומרים סיביים בהתזה).
- ציפויים מתנפחים.
- ציפויים מעכבי אש.

ציפויים בעלי בידוד תרמי

השימוש בציפוי בעל בידוד תרמי הצטמצם ברחבי העולם. הסיבה לכך נובעת מירידה בכושר ההעמסה של הכבלים כתוצאה מהבידוד התרמי הגבוה בטמפרטורות עבודה רגילות, ומהיווצרות סדקים עקב התכווצות או התפשטות תרמית של הכבלים.

בעיה נוספת עלולה להיווצר במקרה של חוספת כבלים בתעלות שכבר צופו. הדבר עלול להביא לירידה נוספת בכושר ההעמסה של הכבלים, ואילו לשכבות הציפוי הכבדות סביב הכבלים בהם כבר קיים ציפוי, נדדשת תמיכה נוספת.

מערכות מינון מסוג זה מופיעות מעת לעת. אולם, בדרך כלל, המוצרים הישנים, כמו אלה פרי הפיתוח החדש, סובלים מאותם חסרונות.

ציפויים מתנפחים

ציפויים אלו יוצרים, בתגובה לאש, שכבה די עבה של קצף פחמני בעל נקוביות זעירות,



תמונה 1
איטום מעברי כבלים

איטום באמצעות בטון קל

איטום מעברי כבלים באמצעות בטון נעשה על ידי שימוש בסוג בטון קל ומיוחד. הודות לרכותם היחסית של סוגים מיוחדים אלו, מתאפשרת התקנה חוזרת של כבלים בקלות רבה (תמונה 2).



תמונה 2

איטום מעברי כבלים באמצעות בטון קל

לאחד המוצרים שפותח לאחרונה נוספו יתרונות חשובים: בשלב הרטוב, עם החדרתו לתוך הפתח, החומר סתחיל בהתקשרות והתקשות באופן מידי סבלי שתיווצר "יבטון", ובכך נמנע הצורך בהנחת תבנית בקדמת הפתח. התכונה החשובה ביותר של חומר זה היא, שבמקום להתכווץ עם התקשותו – כפי שקורה בסוגי בטון אחרים – הוא מתפשט בשיעור של כ-3% התפשטות זו מונעת היווצרות סדקים בין הבטון לכבלים, ובין הבטון החדש לקיר הקיים. בכך, מקום האיטום נעשה בלתי תלוי לעשן ולגז. איטום זה נבחן לאחרונה באירופה, לפי תקנים בינלאומיים, והגיע לתוצאות "דירוג אסי" של בין 90 דקות עד 3 שעות, במעברים, בקירות וברצפות.

איטום באמצעות לוחות צמר מינרלי

השימוש בשיטת איטום זו נעשה לצורך איטום מעברים הכוללים תעלות וצנרת. האיטום באמצעות לוחות צמר מינרלי כולל,

נסכם: ציפוי מינון לכבלים מפני שריפה, הם אחת הדרכים הטובות למניעת התפשטות האש ולהקטנת התפתחות גזים גורמי קרוויה וגזים מגרים ורעילים.

איכות הציפויים המתנפחים אינה עולה על זו של ציפויים מעכבי אש, וברוב המקרים, איכותם ירודה באופן ניכר בגלל נטייתם לקרוס כאש, בעיקר בתעלות כבלים אנכיות, בגלל תכונותיהם התרמופלסטיות. תופעה זו מקבלת משנה משמעות כאשר מדובר בכבלים דקים, כגון כבלי טלפון או בקרה.

מערכות כיבוי אש קבועות

בארצות אירופה, שלא כמו בארה"ב, השימוש במערכות כיבוי אש קבועות, כגון: מערכות מתיזים להגנה על סולמות ומגשי כבלים מפני אש הוא נדיר ביותר. גם בארץ נדירה ההגנה מפני אש באמצעות מערכות כיבוי אש קבועות אוטומטיות.

איטום מעברי כבלים

במספר רב של מפעלי תעשייה, בניינים רב-קומות ותחנות כוח, ההגנה הסכנית על מסלולי הכבלים אינה נעשית באמצעות צינורות או ציפוי המגן על הכבלים. הסיבה לכך היא עלות ביצוע ההגנה או העדר דרישה ו/או חקיקה מתאימה לביצוע ההגנה. בלימת האש במקום התמרצותה, לעומת זאת, היא הכרחית. ניתן להשיג זאת על ידי איטום של מעברי הכבלים דרך קירות, מחיצות, רצפות ותקרות חסינות-אש. למשל, על ידי איטומים למעברי הכבלים (תמונה 1).

במשך השנים השתמשו בשיטות שונות למטרה זו. השיטה המקובלת ביותר היתה סגירת מעברים באמצעות חומרי בניין בלתי מתלקחים, כגון בטון וטיט.

חסרונותיה של שיטה זו הם הקושי בביצוע שינויים מאוחרים יותר במערכת, כשמתעורר צורך בהוספת כבלים ועוד, איטום מוחלט מפני מעבר עשן הושג אך לעיתים רחוקות, וזאת עקב התכווצות האיטום, היווצרות סדקים וכדומה.

כמקרים רבים, כאשר היו צפויים שינויים בדרכי הכבלים, נותרו הפתחים מתוחים אף באופן קבוע.

כיום, מוצעות שיטות מינון העושות שימוש בחומרים המאפשרים ביצוע שינויים בשלב מאוחר יותר. השיטות המוצעות הן:

- איטום באמצעות בטון קל.
- איטום באמצעות לוחות צמר מינרלי.
- איטום באמצעות קנף פלסטי.
- שימוש באטמי גומי מודולריים.
- שימוש באטמים גמישים (כריות/ שקיות).

המקנה לציפוי תכונות של בידוד תרמי, ומעניק לכבל מינון טוב מפני אש.

גורם ההתנפחות עשוי להגיע ל-1,100, כלומר, שכבת ציפוי בעובי של מילימטר אחד מסוגלת ליצור שכבת קנף בת 10 ס"מ.

אם הציפוי המתנפח טוב כל כך, מהם חסרונותיו?

- סוגים מסוימים של ציפויים מתנפחים מכילים מסיסים אורגניים, הגורמים לבעיות בריאותיות ולתקיפת הבידוד או המעטפת של הכבל, תוך גרימת נפיחויות בבידוד/מעטפת. והתוצאה – אובדן כושר הבידוד של הכבל.
- הציפוי המתנפח הוא פריך ולכן הוא ניוק באופן תדיר כתוצאה מפגיעות מכניות.
- הציפוי המתנפח הוא בעל כושר עמידות נמוך מפני מים ולחות. לכן אין אפשרות להשתמש בו להגנה על כבלים הנמצאים באוויר הפתוח או בסביבה לחה. ציפויים מתנפחים אינם מתאימים כלל לשימוש במרתפי כבלים או במפעלי תעשייה בהם עלולים להצטבר מי גשם או מי ניקוי.

ציפויים מעכבי אש (ABLATIVE)

ציפויים מעכבי אש מוכרים יותר כמוצרי FLAMEMASTIK או KBS COATING. לציפויים אלה הרכב שונה לחלוטין מזה של הציפויים המתנפחים. ציפויים מעכבי האש אינם מכילים חומרים כימיים מסיסים, ולכן הם אינם מזיקים לבריאות או למעטפת הפלסטית של הכבלים. הרכבם אינו מכיל חומרים כימיים מסיסים במים או חומרים הנתקפים על ידי מים. כתוצאה מכך, מוצרים אלה הם בעלי תכונות טובות ביותר לעמידות בתנאי אקלים וכושר הישרדות לאורך זמן בשימוש מנימי וחיצוני.

עקרון הפעולה של ציפויים

מעכבי אש

עקרון פעולתם של ציפויים מעכבי אש מבוסס על כך שבטמפרטורות גבוהות מאד מתרחשות בציפוי תגובות פיזיקליות אנדותרמיות (תגובות צורכות אנרגיה), או תגובות כימיות (היתוך, אידוי, הפרדת מולקולות זו וכדומה). כתוצאה מכך, שכבת היסוד (הכבל), מתקררת, גזים אציליים או אדים, הנוצרים כתוצאה הכימית, תופסים את מקום החמצן באוויר, ועקב כך מונעים התלקחות. ציפויים מעכבי אש מסוימים מייצרים חומרים כימיים המכלים את הלהבות, באופן דומה לאבקת כיבוי-אש יבשה, תוך שימוש בגורם אנטי-קטליטי.

חשיבותם של ציפויים מעכבי אש גדלה בהתמדה, הודות לתכונותיהם המעולות בשימוש המעשי, יחד עם אמינות פעולתם במינון מפני אש.



תמונה 3

איטום מעברי כבלים באמצעות כריות

התנפחות. תופעה זו מביאה לסתימת כל המרווחים, ולו גם הזעירים ביותר, בין הכבלים לתעלות. הדבר מסביר את דרגת עמידות האש הגבוהה שהשינה השקית. תהליך ההתפשטות מניע לשיאו בטמפרטורה של כ-850 מעלות צלזיוס (תוספת של 40 אחוז של הנפח המקורי).

3. לכסוף, השקית מתקשה לגוש מוצק של חומר בלתי מתלקח. כתוצאה מכך, וכתוצאה מתופעת ההתנפחות, השקיות המונחות באופן הדוק אחת על גבי השנייה, הופכות לגוש דמוי בטון שבתוכו עוברים הכבלים או התעלות. בדיקת סילון המים הנדרשת במספר ארצות, כחלק מהניסוי הרשמי לאיטום מעברים, הראתה שגם לאחר שלוש או ארבע שעות של חשיפה לאש (בהתאם לעקומת זמן-טמפרטורה לפי תקן ISO) איטום נמשך זה נותר יציב.

שקיות אלו נבחנו ואושרו לשימוש ברחבי העולם והן בעלות דירוג אש של 90 דקות ועד ל-4 שעות.

סיכום

על המתכננים לזכור תמיד, כי נושא האיטום למניעת מעבר אש ועשן הוא חיוני למניעת פגיעות אש בנפש וברכוש, ולכן יש לכלול אותו בכל תוכנית ללא יוצא מהכלל. העקרונות המנחים לאיטום הם: יישום קל ואפשרות לתוספת או נריעה מבלי שהאיטום ייפגע.

חסרונות המערכת

החסרונות הם: מחיר גבוה, טווח מוגבל של תנאי טמפרטורה/לחות ליישום אופטימלי של הקצף רגישות יתר למים בזמן ההתקשות. מימן הנפלט, במשך זמן מה, בזמן ההתקשות, עושה את הקצף בלתי ראוי לשימוש באזורים רגישים, ובמיוחד בקירבה למרכיבות טלפונים. לאחרונה התברר, שבחלק מהאיטומים בשיטה זו נשארים כיסי אוויר ואין האיטום מלא כמתוכנן.

שימוש באטמי גומי מודולריים

השימוש באטמי גומי מודולריים נעשה במקומות שבהם נדרשת עמידות בפני לחץ מים או גזים. אטמים אלו הם משלים, אולם הם אינם שימושיים בפתחים שבהם עוברים מספר רב של כבלים בעלי קוטר שונה. במקרה מסוג זה יש להשתמש במגופה מיוחדת לכל קוטר. לכך יש להוסיף את השובדה, שמחירם גבוה מאוד.

שימוש באטמים נמישים - כריות/שקיות

ניתן לאטום מעברי כבלים באמצעות שקיות העשויות מחומרים שונים וממיוןן של חומרי מילוי (תמונה 3). שימוש בכריות/שקיות נעשה כאשר נדרשים שינויים בעת התקנה חוזרת של כבלים, למשל: מרכיבות חדשת קווי טלפון, מפעלים נסיוניים בתעשייה הכימית ופרוייקטים בהקמה.

הכריות הראשונות נגד אש יוצרו מאריג אסבסט ומולאו בסיבי אסבסט בתפורות. לאחר האיטור שחל ברחבי העולם על השימוש באסבסט, נעלמו מוצרים אלו מחשוך לפני כעשר שנים.

כיום מוצע מיוןן של שקיות עמידות אש. רובן מיוצרות מיוטה או מפלסטיק מסולא בצמר מינרלי בלתי מהודק. סוג זה אינו יקר במיוחד, אך מגרעותיו חמורות. המעטפת עצמה דליקה ובעת התלקחותה, המילוי מתפזר. מילוי הצמר המינרלי מאבד את נפחו בעת החשיפה לאש, עקב תופעת ההתכווצות (בטמפרטורת של 850 מעלות צלזיוס, שיעור ההתכווצות עלול להגיע לכדי 50% מהנפח המקורי).

שקית שפותחה לאחרונה, והיא חלק משיטת ה-KBS, עשויה מעטיפה של בד עשוי סיבי זכוכית חסיני אש. השקית ממולאת בתערובת מיוחדת של מרכיבים, בעיקר סיבים מינרליים. בעת חשיפתה לחום או לאש, השקית מגיבה בשלושה שלבים:

1. בטמפרטורה של כ-130 מעלות צלזיוס, מרכיבי המילוי מתחילים "להידבק זה לזה". תופעה זו מונעת את פיהור המילוי, גם אם נגרם נזק לשקית כתוצאה מטפטוף מסולת בוערת או מהיתוך אריג סיבי הזכוכית.
2. בטמפרטורה של כ-280 מעלות צלזיוס, מתחילה תכולת השקית בתהליך של

בדרך כלל, שימוש בלוח צמר מינרלי קשיח (אחד או שניים) שמשקלו הסגולי הוא לפחות 150 ק"ג למ"ק. הלוח מכוסה בצידו החיצוני בציפוי חסיני אש (נוסף לציפוי באורך 50 ס"מ לאורך הכבלים, מכל צד של האיטום).

יש העושים שימוש בציפויים מתנפחים בעלי חומר בעל ציפוי מעכב אש מסוג (ABLATIVE) דוגמת ה-FLAMEMASTIK.

איטום בשיטה זו מקובל כיום ונמצא בשימוש ביותר מ-40 מדינות והוכיח את תכונותיו היוצאות מן הכלל במספר רב של מבני ציבור ותעשייה, במשך יותר מעשר שנים. עמידות האש שהושגה בבדיקות, המתבססות על תקנים רלוונטיים, הגיעה ל-90 דקות עד 4 שעות. היות שהציפוי נמשך ביותר ושומר על גמישותו גם במשך שנים רבות, אין סכנה של התפרקות חלקים מהציפוי, והצורך בתיקון נזקים נמנע כמעט לחלוטין. לציפוי יש עמידות גבוהה ביותר בפני מים, חומרים כימיים וכדומה. ההוכחה לתכונה זו, מצויה באטימת רצפה במפעל פלדה הולנדי, המותקף באופן קבוע על ידי נגיף שמן לוהט מתוך מחליפו חום, מבלי שהאיטום התרופף או תראה סימני בלאי כלשהם.

תכונות מיוחדות נוספות של שיטת איטום זו הן:

- **אטימות לעשן וגזים**
הודות לציפוי הנמיש, המונע היווצרות סדקים כתוצאה מהתכווצות, האיטום הוא בלתי חדיר לעשן ולגזים.
- **עמידות בפני פגעי הזמן**
בתנאי אקלים שונים בתוך כותלי המבנה ומרווחה לו (כולל מגע תדיר עם מים), האיטום נותר ללא פגע, עמיד באש ובלתי חדיר לעשן 10 שנים לפחות.
- **עמידות בפני סילון מים**
במספר מדינות (בלגיה, שוויצריה, ארז'יב ועוד) נעשתה בדיקת סילון מים. הבדיקה שנעשתה בתנאי כיבוי אש, באמצעות זרנוק מים, הראתה שהאיטום אינו נהרס מסילון המים גם לאחר שנתיים של ניסוי אש בהתאם לעקומת זמן-טמפרטורה לפי תקן ISO. הסיבה לכך נעוצה בעובדה, שתגובת הציפוי לטמפרטורות גבוהות מתבטאת ביצירת שכבה קשה ביותר, דמויית זכוכית, המעניקה חוק מנגי נוסף ללוח הנחשף לאש.

איטום באמצעות קצף פלסטי

במספר מדינות נאטמו מעברי כבלים באמצעות קצף פלסטי קל משקל, המיוצר לרוב על בסיס תרכובות צורן (SILICON). הקצף אמור לחדור לתוך כל מרווח וחלל, ויותר נמיש גם לאחר התקשותו.

איך למנוע שריפות בלוחות חשמל דירתיים

אינג' ויקטור זיס

לאור העלייה החדה בצריכת החשמל במיגור הביתי וכדי לענות על הביקוש הנובר במיגור זה ולשפר את איכות האספקה והשירות, נכנסו לתוקף בחברת החשמל, באישור משרד האנרגיה והתשתית, החל מ-1.12.88, הוראות חדשות הנוגעות ליחידות וגדול החיבור לפיהן יהיה גדול החיבור המיזערי הסטנדרטי החד מופעי – 40 אמפר (הספק מירבי של כ-9 קילוואט).

עם כניסת השימוש בחיבור 40×1 אמפר לדירות מגורים במקום 25×1 אמפר, התגברה הסכנה של שריפות בלוחות דירתיים.

הגברת הסיכון נבעת משתי סיבות.

1. הגדלת הזרם הנומינלי מ-25 אמפר ל-40 אמפר.
2. קושי במניעת מעג רופף בחיזוט פנימי עם מוליכים בחתך גדול יותר בין מפסקי זרם אוטומטיים ועידים.

את הפיתרון נמחיש על לוח בן 6 מעגלים. חיזוט הלוח נעשה בהתאם למתואר בתרשים שבאיור 1. חיזוט הלוח בהתאם לתרשים זה יוצר קשיים בחיזוט (כולל שימוש במוליכים דקים מדי) ובמניעת מעגים רופפים.

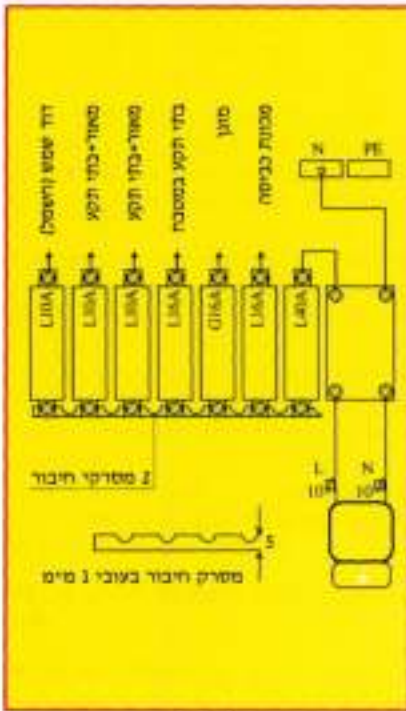
כדי לפתור את הבעיה מוצע לחזוט את הלוח בהתאם לתרשים שבאיור 2. במקרה זה, ההזנה מהמונה מחוברת במקום למפסק זרם אוטומטי ועיד ראשי 40 אמפר, למפסק מגן 40 אמפר הפועל בזרם דלף.

בהתאם לתרשים זה, מתאפשר חיזוט של כל 7 מפסקי הזרם האוטומטיים הזעירים באמצעות מסרק חיבורים מפס נחושת, אשר נסבר בחגיגות לחוסרי חשמל. במקרה זה מתקבלת תמונת החיזוט הפנימי בהתאם למתואר באיור 3. מאחר שהשטח הפעיל של מסרק החיבור הוא רק כ-5 מ"מ, יש להתקיין 2 מסרקי חיבור זה על גבי זה, כדי למנוע חימום יתר מזרם נומינלי 40 אמפר.

היתרונות הנוספים של שיטה זו הם:

- בחלק ממפסקי זרם אוטומטיים ועידים ברני החיבור ומסרקי החיבור מוסתרים

וי זיס – מנהל ענייני החשמל, משרד האנרגיה והתשתית

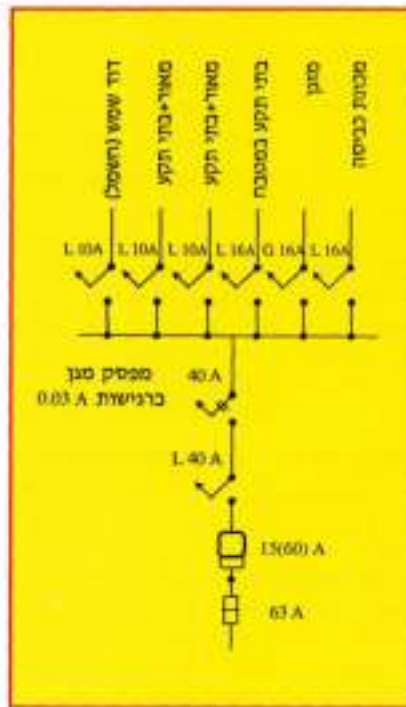


איור 3
חיזוט הלוח באמצעות מסרק חיבורים

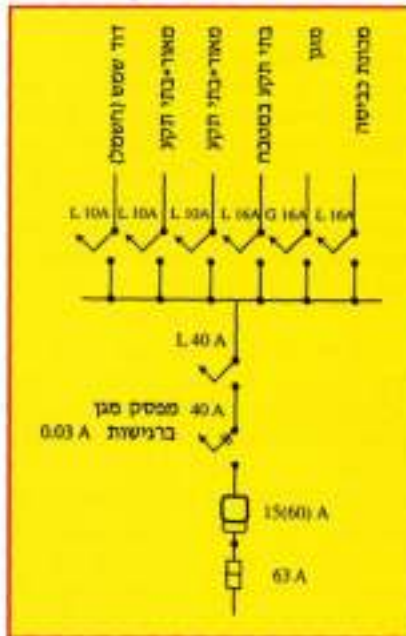
- ואין חלקים "חיים" גלויים גם אחרי פתיחת מכסה הלוח (תמונה 4).
 - זמן החיזוט קצר יותר מאשר בכל שיטה אחרת.
 - ניתן דו קוטבי של כל המיתקן הדירתי (כולל הלוח).
- במקרה שמתמשים במפסק מגן משולב עם מפסק זרם אוטומטי ועיד 40 אמפר החיבורים נעשים פשוטים עוד יותר.



תמונה 4
מראה כללי של לוח החשמל



איור 1
חיזוט לוח בן 6 מעגלים



איור 2
חיזוט לוח בן 6 מעגלים כאשר ההזנה מהמונה מחוברת למפסק מגן 40 אמפר הפועל בזרם דלף

**חברת החשמל לישראל מודיעה כי יצא לאור
 והופץ בין המנויים הראשוניים:**

**קובץ דפי מידע לעוסקים בניהול
 עומס החשמל בתחום הצרכנות
 (Demand-Side Management)**

דפי המידע מיועדים למהנדסים, לאדריכלים ולגורמים מקצועיים אחרים העוסקים בניהול שמש בתחום הצרכנות.

גיבץ דפי המידע כולל:

- ★ מידע עדכני ייחודי, המתפרסם בארץ ובספרות ניכנית בחיר'ל בנושאים המשוייכים. דגש מיוחד הושם על נישיות האמצעים לניהול עומס בתחום הצרכנות.
- ★ תאור מפורט של פרויקטים שיתמחו בישראל, במתגני צרכנים. אשר קכלו סיוע כספי מחברת החשמל במסגרת התוכנית הלאומית לייעול השימוש בהשמש. התאור מזלזה בהצגת פרטים טכניים ומתוני עלות-הועלת.
- למנויים יישלח אוגדן ממחודד וכו קובץ ראשון של דפי מידע בנושאים השונים. במהלך שנת 1991 יישלחו למנויים דפי מידע נוספים.

דמי המנוי לשנת 1991 (כולל משלוח האוגדן וקציץ הדפים) הוא 50 ש"ח.

כדי להימנות על מקבלי קובץ דפי המידע, אצא מלא בכירור את פרטיך האישיים בספח. ויישלחו אליך שוכר התשלום ורשימת דפי המידע שייכלל בקובץ בעתיד.

אנא החזר ספח זה



לכבוד

חברת החשמל לישראל
אגף הצרכנות, המחלקה ליישול הצרכיה
 ת.ד. 8810 חיפה 31086

ברצוני להירוח מני לקציץ דפי מידע לעוסקים בניהול עומס בתחום הצרכנות (Demand-Side Management) שיצא לאור על ידי חברת החשמל לישראל. אבקשכם לשלוח לי שוכר תשלום ורשימת הנושאים שייכלל בקובץ.

שם
 מקצוע/תפקיד
 מקום העבודה
 טלפון
 רחוב
 עיר מיקוד

מדור שרות פרסומי לקוראים

"התקע המצדיע" מס' 47



למעוניינים במידע נוסף !

כדי לקבל מידע נוסף:

1. סמן בחלוש השרות הפרסומי את מספרי המודעות בהן יש לך ענין במידע נוסף.
2. מלא את שמך וכתובתך, בכתב יד ברור.
3. שלח אה חלוש השרות הפרסומי (בשלמותו) או העתק ממנו, לפי בחובת המערכת: מערכת "התקע המצדיע" ת.ד. 8810 חיפה 31088.

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

חלוש שירות פרסומי למידע נוסף

לכבי מערכת "התקע המצדיע"
ת.ד. 8810 חיפה 31088.

שם: מקצוע:

חברה/מוסד/מפעל: תפקיד:

הזמן לתשובות: רחוב/שכונה / מספר סל':

ישלב: מיקוד:

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

47/13	47/12	47/11	47/10	47/9	47/8	47/7	47/6	47/5	47/4	47/3	47/2	47/1
47/26	47/25	47/24	47/23	47/22	47/21	47/20	47/19	47/18	47/17	47/16	47/15	47/14
			47/38	47/35	47/34	47/33	47/32	47/31	47/30	47/29	47/28	47/27

הודעה למערכת:

החלוש למידע נוסף יענה עד יום 31.5.81 לאחר תאריך זה יש להפנות את בקשות המידע ישירות לחברה המפרסמת.



נזר ושלח !



1987-90



נוסד 1970

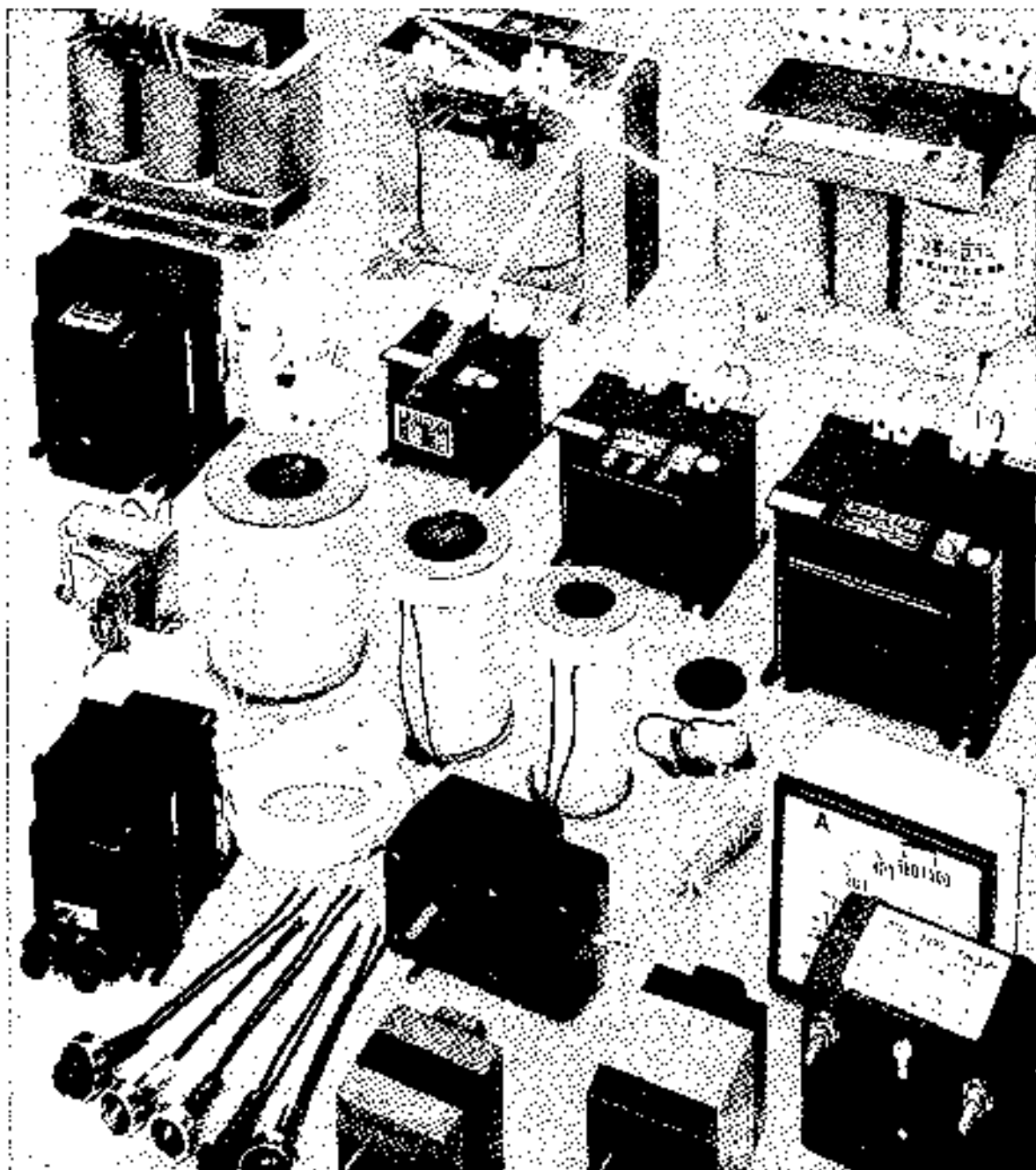
כח

ברק

ברק כח ייצור שנאים (טרנספורמטורים) בע"מ
יבוא ושוקק מכשירי מדידה לחשמל

- * שנאים להפעלת מנשירי חשמל אחו יקאים v 230/115.
- * שנאים לפיקוד ובקרה במערכות חשמל.
- * שנאים להפעלת מרות הלוקן v-12v 230.
- * מיוצר לפי רדישת מת"ל ת"י - 899.
- * מסק משד הבטחון מס' 0088094647

- * שנאים (טרנספורמטורים) חד פאז ותלת פאז
- * להרכבה בלוחות חשמל ומתקני חשמל.
- * שנאי אוטוטרפז להתנועת מנועים חשמליים עד
- * 2000 כה סוס.
- * משנה זרט לאמפרמטר להרכבה בלוחות חשמל.



פרטים נ"ל בט"ל - חיפה

רח' רוניו 8 פינת הר ציון 91 תל אביב 66838 טל. 03-377892, פקס/מיליה 03-370476
להשיג בכל בתי המסחר לחומרי חשמל בארץ



אנרלעק בע"מ ENERLEC LTD.

שחתי הנדסה ובדיקות למתקני מתח גבוה, עליון וזרם חזק

חברת אנרלעק בע"מ נוסדה ע"י צוות מומחים בעלי ידע וניסיון של למעלה מ-25 שנה, בתחום תיפעול, אחזקות ובדיקות של מתקני השמל עתירי אנרגיה בכל המתחים.

**לנו המעבדה המשוכללת ביותר בארץ העומדת
לרשות לקוחותינו בכל עת!**

כל השירותים הנ"ל מבוצעים על-פי התקנים הבאים:
הישראלי – NF-VDE-BS-ASME – והמלצות IEC בין לאומיות.

אנו מעמידים לרשות לקוחותינו מגוון רחב של שרותים הנדסיים כגון:

- * יעוץ הנדסי מונע.
- * שירותי אחזקה שוטפת או תקופתית.
- * שירותי קריאה לאיתור תקלות.
- * בדיקות שמנים ממוחשבות – טיפול וחינוש שמנים.
- * שיפוץ ותיקון ציוד מתח גבוה.
- * סריקה טל-אופטית במערכות חשמליות.
- * סריקה טרמית לגילוי מקורות חום במערכות חשמליות.
- * בדיקות הגנות עד 100,000 אמפר.
- * מגוון בדיקות חשמליות נוספות לפי דרישה.

נא לפנות לחברת:



אנרלעק בע"מ

בדיקות התאמה לתקנים • בדיקות קבלה • כיוול הגנות • איתור תקלות

ד.ב. תל יצחק, מיקוד 45805, טל. 053-650980/1, פקס: 053-650979

השרותים המיוחדים של געש עומדים גם לרשותך.

שירות ייחודי וייעוץ רחב ואישי,
ילוו אתכם בכל פרויקט תאורה, תוך שימוש
בתכנות המחשב המיוחדות, העומדות לרשותכם.
צוות התכנון שלנו, המהנדס דני קלינה
ואלכס שטרנליכט, ילוו אתכם לאורך כל הדרך.

מהנדס חשמל או איש תאורה, איש אחזקה או
מנהל פרויקט, יועץ תאורה או אנשי מנהל
הזקוקים ליועץ בנושאי תאורה, במפעלי תאורה געש
תוכלו להיעזר בתכנות החדשות של:
Gaashi, Philips, American Lighting
Lithonia Lighting Technologies.

הקטלוג החדש של געש מכיל מוצרים חדשים
ויתושים עדכניים. פנו עוד היום
למפעלי תאורה געש, לקבלת הקטלוג החדש.

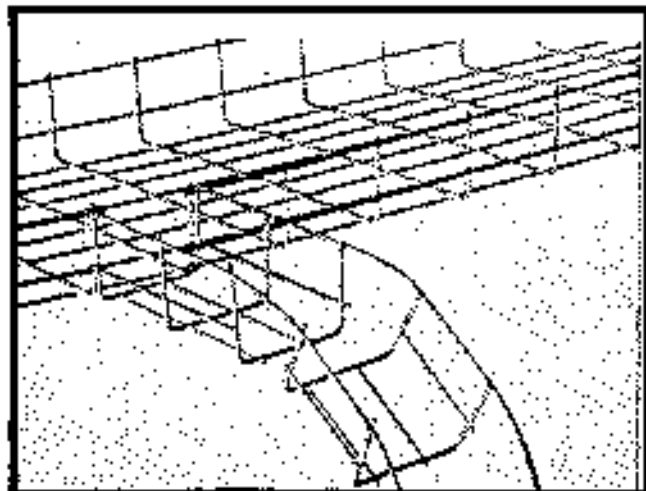


קיבוץ געש
טלפון 052-521113
פקסימיליה 052-521139

שנת אור קהילה

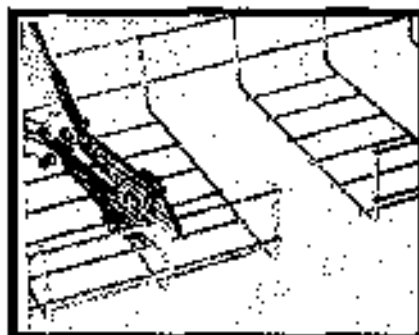
אני מפעיל תאורה געש / קיימץ געש
 סל לפניה לי ביקור את הקטלוג החדש
 שם _____
 כתובת _____
 תפקיד _____

תעלות רשת לכבלים



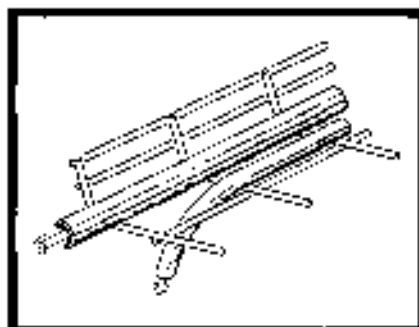
"נילי" מייצרת תעלות רשת המצטיינות ביתרונות הבאים:

- ★ קלות יותר מתעלות סגורות.
- ★ נוחות להרכבה וחוסכות בכוח אדם.
- ★ מאפשרות קשתות והסתעפויות.
- ★ מאווררות עם גישה נוחה לכבלים.
- ★ מתחברות בקלות ובזמן קצר.



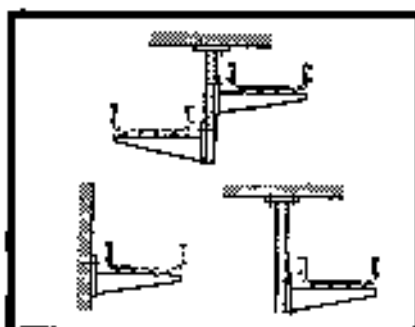
אספקת מחברים לקשתות.

ההרכבות מתבצעות באמצעות צבת חיתוך ומפתח ברגים



תמיכות עצמאיות במרווחים עד 2.5 מ' (תלוי במשקל-הכבלים).

יציאה וכניסה חופשית לכבלים בכל נקודה וכיוון



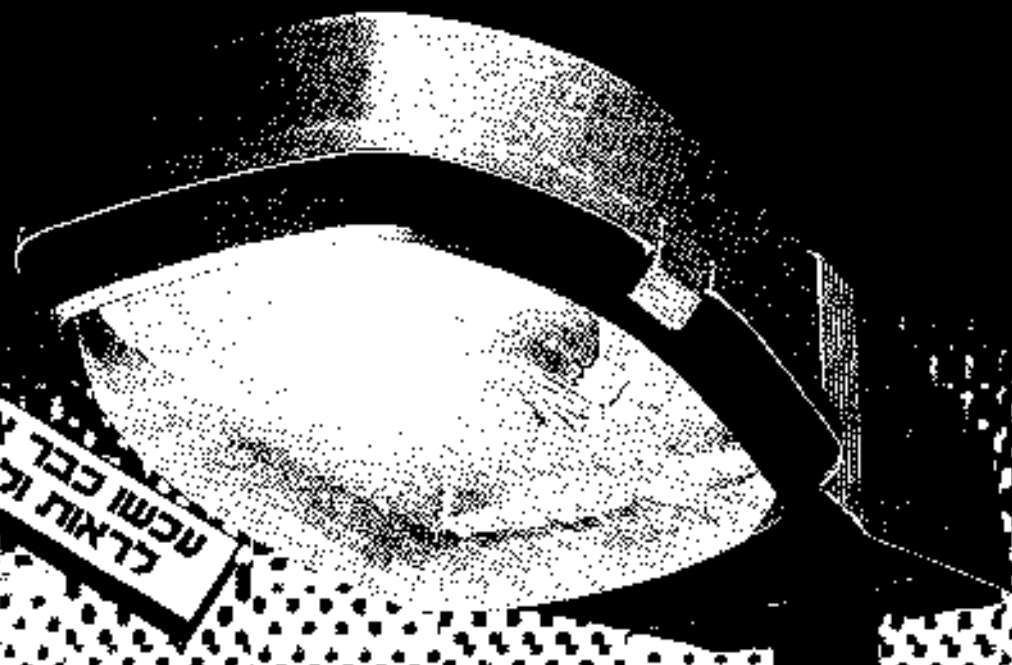
מיכנסו אלינו ברחוב

קרית-אריה מתח-תקווה, טל. 0221337 (03) פקס: 0245945
המען למכתבים: ת.ד. 271 בני-ברק 51102

נילי
נילי מפעלי-מתכת בע"מ



25 שנות נסיון, תיחכום, תעוזה ומקוריות, מביאים לך את הפנס הטוב ביותר.



שכשו כבד אבשור
לדאות ולהחזין

אור-און

מפעלי תאורה געש נאים להציג את
"אור-און" חפנס החדיש והמאקדם ביותר הקיים.

"אור-און" הוא פרי פיתוח מיוחד, בעל
רפלקטור המתוכנן לפיזור אור אופטימלי.
מיגון רחב ביותר של כוונה, 70-250 ואט
עשוי מלכו פוליקרבונט, אנוטי ואנדלי.
תחזוקה קלה, גישה נוחה
למערכת החשמלית ללא צורך בכלים
עיצוב נאה וחדשני ביותר.

מהנדסי געש יעמדו לרשותך בתכנון
פרויקטים לתאורה ב"אור-און"

פנה עוד היום למפעלי תאורה געש
ובקש את הפרוספקט של "אור-און".

קיבוץ געש
טלפון 052-521113
פקס-טלפון 052-521139



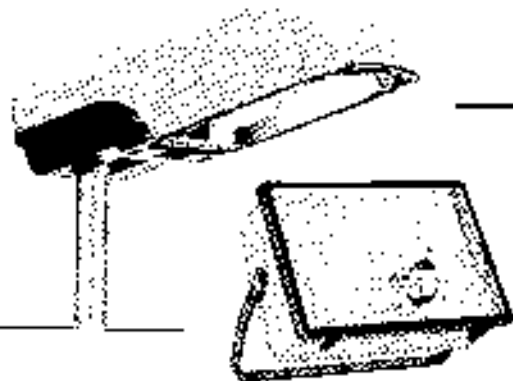
אם הך מעונין להשתתף
ביום עיון הסקדש
לאור און תושאים נוספים
נא התקשר לטלפון:

052 - 521113

זרמים - תעשיות חשמל בע"מ

דרך השרון 103, ת.ד. 1331 הוד השרון, טל. 903362, 062-916197, פקס. 052-916177

סוכנים בלעדיים ויבואנים של החברות הנאות:



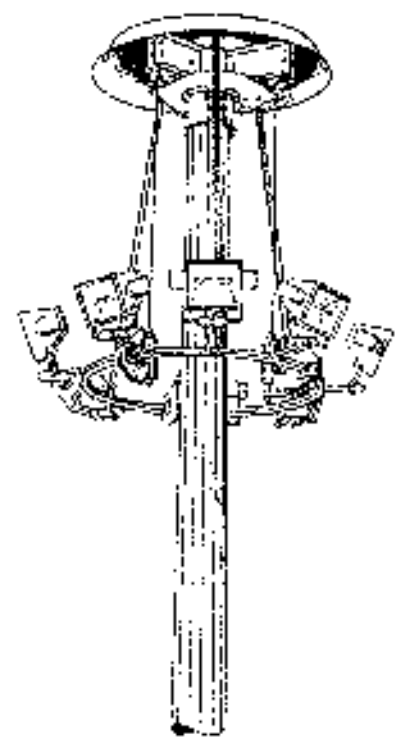
"יורופאן" - צרפת

- תאורת לחובות
- תאורת שטח
- תאורת ספורט חוץ ופנים
- תאורת פנים מכל סוג ועוד



"פטיזאן" - צרפת

- היצון הגדול בעולם לעמודים
- תאורה עד 120 מ'
- רשת עד 400 ק"ו
- אלומיניום ודקורטיביים



"אס אי אס" - צרפת

מערכות ממוחשבות לבקרת תנועה



"סילק" - צרפת

רמזורים, תאורה מיוחדת לתחבורה
פיקוד לרכבות



"יורוטק" - אנגליה

סיבים אופטיים לתמרור שילוט ודקורציה



"מאודסלי'ס" - אנגליה

- סנועי חשמל ACI DC
- ממירי תדר סיבוביים



"קונטרול טכניק" - אנגליה

- זרמי מהירות אלקטרוניים
- למנועי חשמל זרם חילופין
- למנועי חשמל זרם ישר
- למנועי חשמל סרבו מכל סוג



החברה אחראית על כל המידע



קונדור

עד 50 מ"ג



פולי-קוב



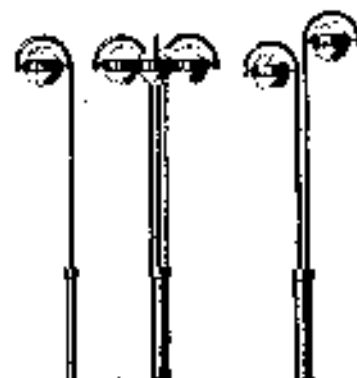
פבעת

עד 50 מ"ג



הילה

עד 50 מ"ג



געש יוצא לשמח בתאורה גדולה

קביה
ועם מפזר



מעלי תאורה גשם סנטימטרים חדושים. אל הייטאוסטרויסי המוכרים מפוליקרמט כדורים, קוביות פולי-קוב ועוד, מתאספת עתה קבוצה חדשה של מנסים הדיוסטיביים, הילה גשם, קונדור גשם, תבעת גשם. בנוסף לעיצוב נאה הם כוללים גם רזלקטורים יעילים לשיפור התאורה, ליניאוסטרויסי ניתן להוסיף מפזרי אור מוכיחים פרוימסטיק, להגברת התאורה. ...עכ גשם נוכח לאור גדול בארצנו.

געש
מפעלי תאורה

קייבוק געש
טלפון 052-521113
פסקיטלפון 052-321139

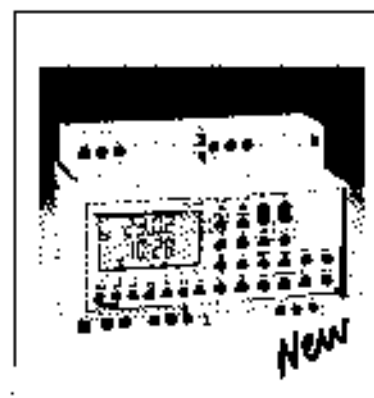
שנת אור קרבועה

יש חדש

שעוני פיקוד

GRASSLIN

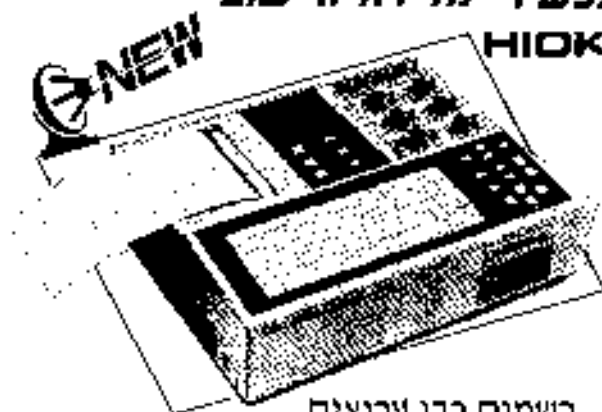
שעון דיגיטלי אסטרונומי
322 תוכניות הפעלה.
ל-2 או 4 ערוצים.



V 86/2 digi 322 J

מכשירי מדידה ורישום

HIOKI



רשמים רבי ערוצים,
מהירים ואיטיים,
אנאלוגיים ודיגיטליים.

שקעים תקעים, מחברים



Wieland

שקעים ותקעים
בעלי 3-7 פנים
המיוצרים מחומר
כזה מאליו.
זרם מירבי עד 16A.
ניתן להשיג עם
כבלים יצוקים
באורכים שונים
וכן ללא כבל.

אסטרגל בע"מ רח' החשמל 4 תל-אביב



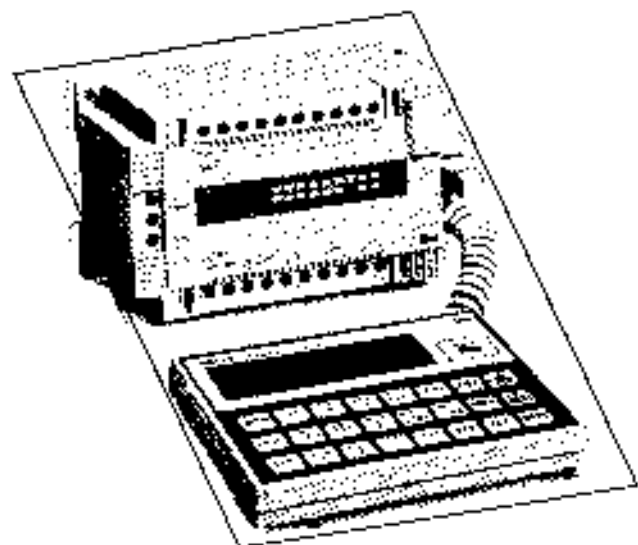
באסטרגל

צופדים, סידנות מנורות איתות
משרות

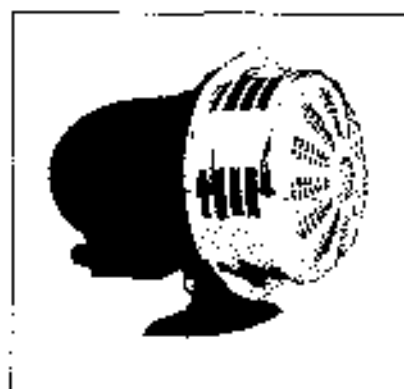
בקרים מחונכים

idec

MICRO-1

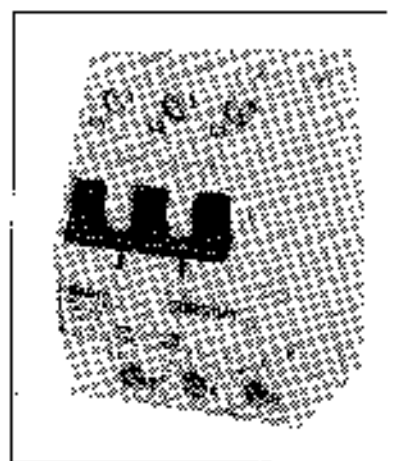


- ★ בקר מתוכנת למכונות קטנות.
- כשאין לך צורך בבקר גדול
- ★ אבל עדיין דרושה לך לוגיקה מורכבת.



הגנת מנוע

ABLED SURSUM

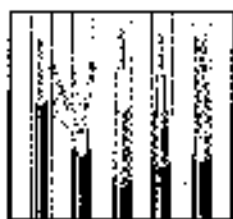
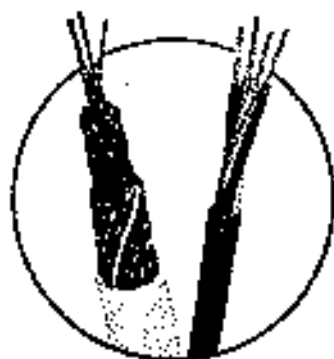


10KA 0.63 - 25A

טל. 4-623421-03 פקס. 03-614331

י. קשטן חומרי

כבלים מכל הסוגים



- * כבלי אלקטרוניקה, פיקוד וקואקס.
- * כבלי פיקוד לבקרים גמישים, ממוספרים, מקובצים.
- * כבלי תשמל זכה.
- * כבלי טלפונים וריכוז.
- * כבלים לתנאי שטח קשים מסוג פוליאוריתן.
- * כבלים שטוחים למעלות כננות ועגורנים.
- * כבלים חסיני אש PYRO, ELODUR.
- * כבלי מתח גבוה מבודדי XLPE.
- * כבלי מבשור דגילים ומשוריינים.
- * כבלים ל- CATV — BAMBOO.
- * סיבים אופטיים.

SAB • KERPEN • EHLERSKABEL • NKF • DATWYLER • CAROL

לחצו 5099 סמן 47/9

תאורה ופיקוד תאורה

מוגנת מים, אבק, התפוצצות, תאורה ניידת, תאורת שטח ברכות ומיכלים, תאורת רכב צבאי ומטוסים.

מפסקי תאורה, פיקוד תאורה דימרית לפלורסנטים ומערכות שליטה מרחוק עד 12 KW.

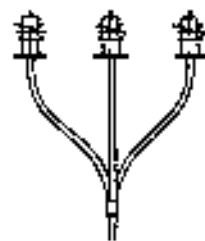
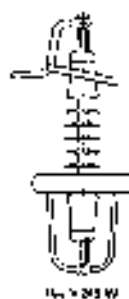


NKO • VICTOR • CEAG • MAEHLER & KAEGE • MAX MULLER • WEST-AIR

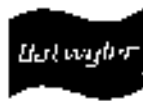
לחצו 5099 סמן 47/10

אביזרי מתח גבוה

- * סופיות מסיליקון לכבלים שנאים ר 6 SF.
- * מבודדי סיליקון לרשת.
- * אביזרי חיבור, אינסטלציה וכלי עבודה.



כלי עבודה לכל סוגי מתח גבוה



CARIBONI
Permal

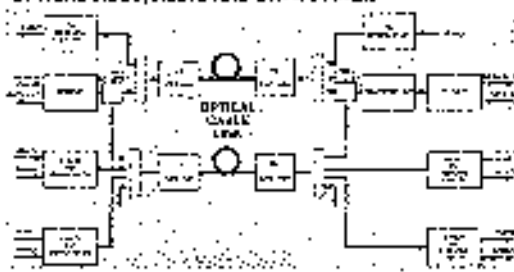
לחצו 5099 סמן 47/11

חשמל בע"מ (נוסד 1932)

מערכות תקשורת אופטיות

מערכות תקשורת (משדרים ומקלטות) עם סיבים אופטיים להעברת נתוני קול ותמונה לתעשייה, בקרת תנועה ו-CATV. תקשורת בין מחשבים ובקרים מתוכנתים. כבלים אופטיים METAL FREE, אמיזו חיבוד כלי עבודה ומכונות הלחמה לסיבים אופטיים.

OPTICAL VIDEO, AUDIO AND DATA SYSTEM

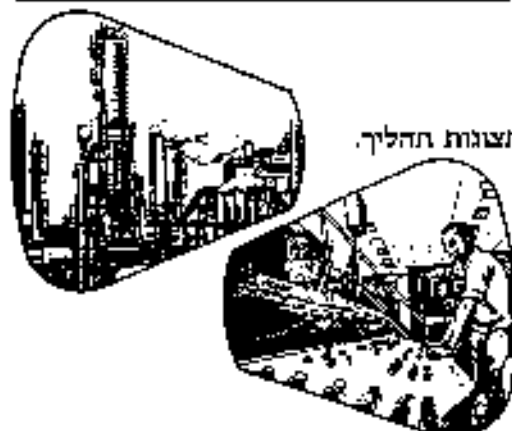


NKE

לימוד נוסף 1000 47/12

לימוד נוסף 1000 47/12

פיקוד ובקרה



- * מתמרים מכל הסוגים (טמפי זרם, מתח ועור), הורצים ותצוגות תהליך.
- * בקרת טמפר, לחץ, לחות זרימה וגובה.
- * רגשי קרבה מיוחדים.
- * רגשי רעידות.
- * ממכונות פיקוד למיכלי תעודות בכל הגדלים.
- * בחיים אוטומטיים אינפראד לתעשיית המזון.
- * כתי זולים, מעבדות ומערכות אינסטלציה סניטרית.

■ ABB ■ TROLEX ■ STATUS INSTRUMENTS ■ S-PRODUCTS ■ KUHNEL

ציוד מוגן התפוצצות



קופסאות, אביזרי פיקוד, שקעים תקעים, מתועים, מפסקי זרם עד 180 A, מפסקי נכול וחוצצים מוגני התפוצצות, בעמנונים תעשייתיים ומוגני התפוצצות, כניסות כבל ומתאמים בין הכריות, מעברים מוגני אש לכבלים בין תדרים.

ABB
ABB POWER SYSTEMS



Exd, IIC T6,

BST = PEPPERS

לימוד נוסף 1000 47/12

י. קשטן חמרי חשמל בע"מ אלבני 121, תל אביב 61007 ת.ד. 802

סמלקת מביעות: תל אביב: רח' קיבוץ גלויות 24, טל. 810958, 03-810919

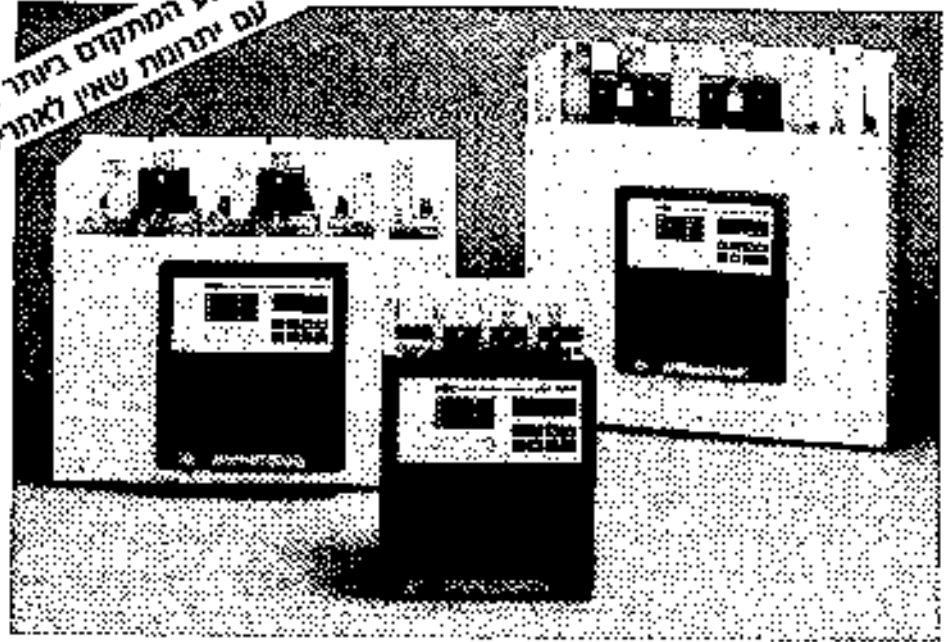
באר שבע: רח' העצמאות 16, טל. 057-72597

TLX. 341292, FAX. 03-835025



מתנעים דיגיטליים להתנעה רכה RVS-D 750-4 קוו"ט

המותע המתקדם ביותר בעולם
עם יתרונות שאין לאחרים!



- ★ מערכת בקרה דיגיטלית - מבוקרת מחשב
- ★ תוכנה חדשנית להפעלת משאבות
- ★ הפעלת המנוע בשתי מהירויות
- ★ הפיכת כיוון סיבוב אלקטרונית
- ★ מערכת חסכון באנרגיה (ENERGY SAVER)
- ★ הגנות משוכללות למנוע ולמתנע
- ★ תצוגה דיגיטלית LCD לנתוני המערכת ואבחון תקלות
- ★ לחצני מגע לכיוונים נוחים ומחייקים
- ★ הפעלה פשוטה ונוחה

לקבלת פרטים נא לפנות:

סולקון תעשיות בע"מ

מפעל
רח' החרושת 9, א.ת. קרית ביאליק
טל. 04-768190, פקס' 04-752732

משרדים
רח' בית עובד 13 תל-אביב
טל. 03-5373891, פקס' 03-5373897

פוסטום ארי בע"מ - חיפה



הנדסת הספק (1980) בע"מ

מקבוצת כלל תעשיות

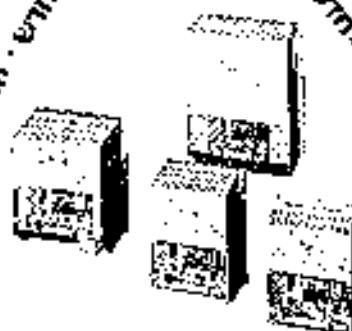
משפחת מתנעים-דכים

SOFT-R אנלוגי

STC-7 אנלוגי-הגנות

STC-8 דיגיטלי

חדש - חדש - חדש - חדש - חדש - חדש - חדש - חדש - חדש - חדש - חדש - חדש - חדש - חדש - חדש - חדש - חדש - חדש - חדש



חדש - חדש



חדש - חדש - חדש - חדש - חדש - חדש - חדש - חדש - חדש

משפחת בקרי-מהיחת

PDB אנלוגי

PAD דאטלי

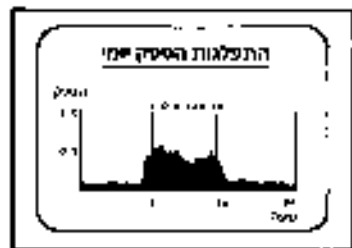
PDC דיגיטלי שקט

רח' החרושת 24 אזור תעשייה, חדש ת.ד. 256, אר' יהודה 60200 טל. 03-344484 פקס' 03-347383

למירט נוסף טקסן 47/16

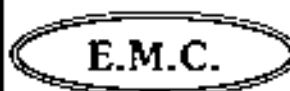
חצי!
טלפן: 68 68 28 752 03

חסוך אלפי שקלים ע"י ניהול נכון של עומס חשמלי



- ★ מונה/אנלייזר תעו"ז - LYNOSO-LK
- ★ מכשירי מדידה - CHAUVIN-ARNOUX
- ★ בקר שיא ביקוש - JANITZA
- ★ בקר מקדם הספק - JANITZA
- ★ רב מודד ממוחשב - JANITZA
- ★ מדידת אנרגיה וטמפרטורה - EBRO
- ★ מדידות חשמל ממוחשבות

כדאי לך לבצע אנליזת פרופיל צריכה!



מניח פיקוד ובקרה בע"מ

- ייעוץ-מכשירי מחושבים בתחום
- תכנון והגנה מימיל צריכה
- זיהוי עומס חשמלי
- יזום חקיקת חשמל בקנה
- ירחות מדידת פיקוד
- יזום חשמל

דבורטינסקי 44, המגן-62402 • סלמון: 7522840/03 • סקס: 7522840



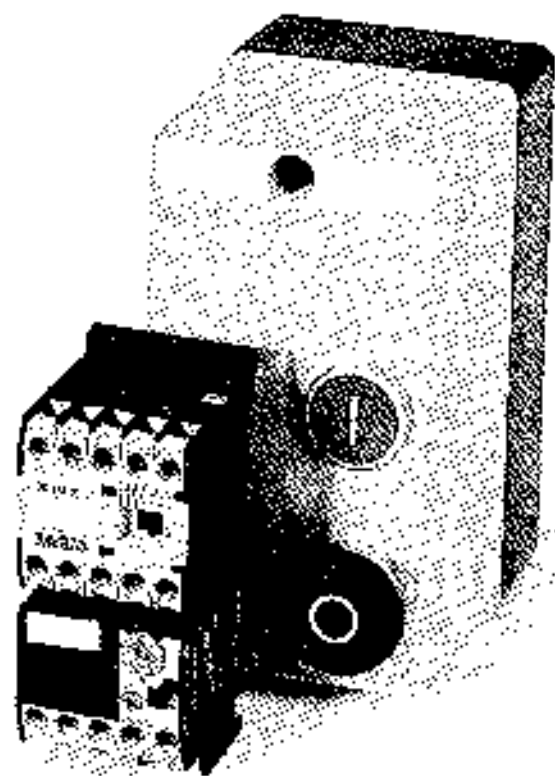
קבוצת קצנשטיין אדלר | איכות | אחריות | אמינות

קופסת הפעלה למנוע עד 5.4HP

חדש ב-

MSE

עם הגנה בפני עומס-יתר



- * דרגת הגנה IP 55
- * עמידות בפני קורוזיה
- * קל להזנקטה
- * שש אפשרויות לכניסת הכבלים
- * מגוון של אבזרים
- * 10 זגמים שונים מ-0.1A עד 9A
- * במתחי עבודה עד ל-660V
- * הגנה בפני עומס יתר וחוסר
- * פאזה ברתאם לתקן IEC292-1
- * מחיר אטרקטיבי

קצנשטיין אדלר תעשיות
קצנשטיין אדלר תעשיות
הנדסה אלקטרוטכנית
ק.מ.ק. הנדסה חשמל ב.

קבוצת קצנשטיין אדלר
אנו תמיד קרובים אליך

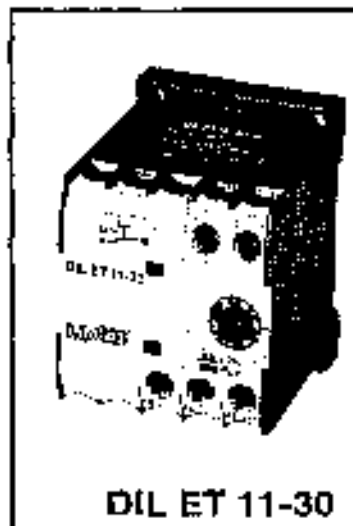


זכרון | ייצור | שרות | בקרת איכות | מלאי חלפים

מומסרי השהייה (טיימרים)

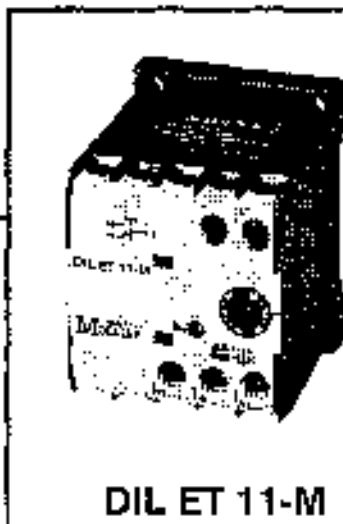
DIL ET

קטני מימדים
מתיר אטרקטיבי



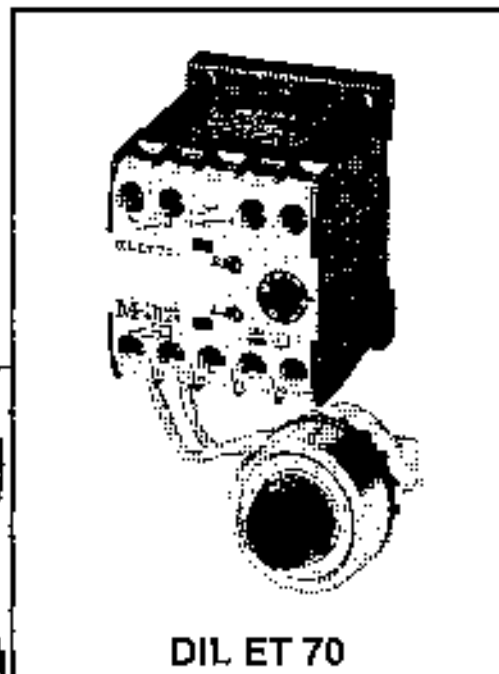
DIL ET 11-30

- * תחום השליטה בין 1.5 ל-30 שניות
- * 2 דמקים ל-AC/DC עד 250V
- * AC מעל 250V
- * תצוגת LED של מצב ההשהייה



DIL ET 11-M

- * 10 תחומי זמן
- * 0.05 שניות עד 60 שעות
- * 2 דמקים ל-AC/DC עד 250V
- * AC מעל 250V
- * תצוגת LED של מצב ההשהייה



DIL ET 70

- * 8 פונקציות השליטה שונות
- * אסטרטגיה העלוקה מתחזק
- * 10 תחומי זמן
- * 0.05 שניות עד 60 שעות
- * 2 דמקים ל-AC/DC עד 250V
- * AC מעל 250V
- * תצוגת LED של מצב ההשהייה

5 שנות אחריות

קצנטריות אדלר תשתי בע"מ
קצנטריות, אדלר תשתי (סניף חיפה) בע"מ
קצנטריות, אדלר תשתי (סניף באר-שבע) בע"מ
אסטרוגל בע"מ

תל-אביב סל 03-614668
חיפה סל 04-410330
באר שבע סל 057 35916
תל-אביב סל 03-627427

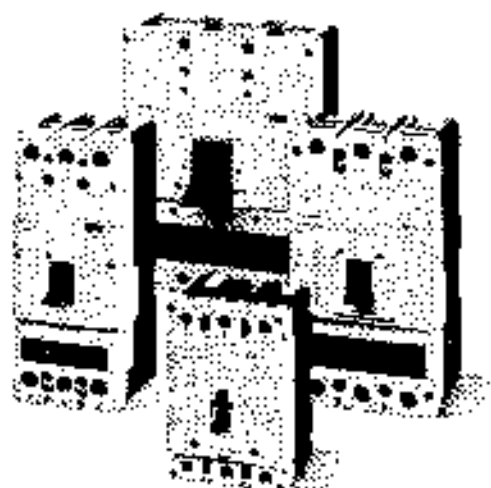
תל-אביב סל 03 614668
רעננה סל 052-924570
חיפה סל 04-410330
ירושלים סל 02-536332

(19) בע"מ
מ"מ
בע"מ

ניסקו הקשר בינך

חדש ציוד מיתוג

CURRENT-LIMITING
CIRCUIT BREAKERS



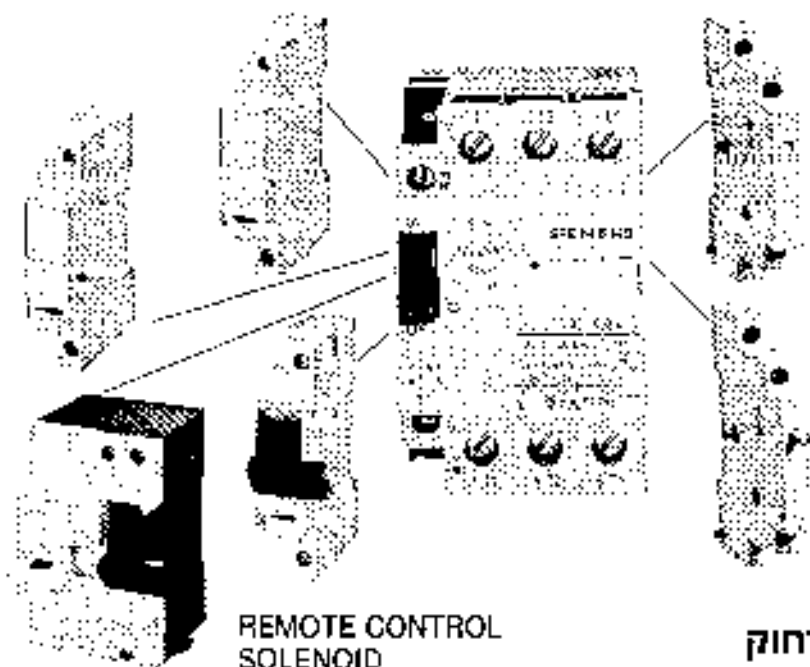
מנתקי הספק חצי אוטומטיים

כושר ניתוק 36, 65, 100KA
מ"ס עד 2000 אמפר

מתנעים טרמו מגנטיים

בכושר ניתוק גבוה עד 6 אמפר
10 KA עד 10 אמפר
מופעלי "טוגל"
עד 25 אמפר, 11 קו"ט.
מגוון אביזרים מתחברים:
מגעי עזר
מגע אזעקה לקצור
סליל חוסר מתח
סליל עבודה

ובמיוחד: סליל הפעלה מרחוק



REMOTE CONTROL
SOLENOID

סימנס - כבלי חשמל

סימנס - מכסים ומפי חלודה

אוסרם - המחפכה במארה

ובין החשמל

ופקוד מתוצרת SIEMENS



3TF 20.- 0



3TF 48



3TB40

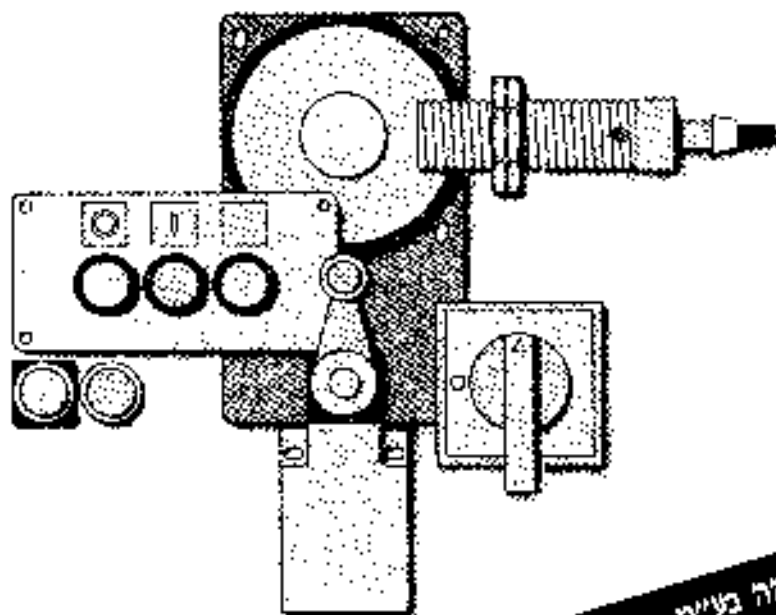


3TB41

מגענים מ-4-325 קוו"ט
מסדרה 3TF, 3TB

כוללים
כל האביזרים

ממסרי יתרת זרם
מכל הסוגים



ציוד עזר לבקרה

אביזרי בקרה 22 מ"מ ללוחות
קופסאות לחצנים עד 6 חורים
מפסקי גבול IP67
גששי קירבה על קוליים

דבר פרטים והמונח:

ויסקו

יבוא חשמל ואלקטרוניקה בע"מ, רח' חקיתו המלך 6 תל אביב 66530, ת.ד. 35052
פ.ל. 03-835158, פקס. 03-836972

סימנס - ציוד ללוחות חשמל

ויסקו - קופסאות שקעים ומתגים

"אופיר שי"

ייצור שיווק ואספקה

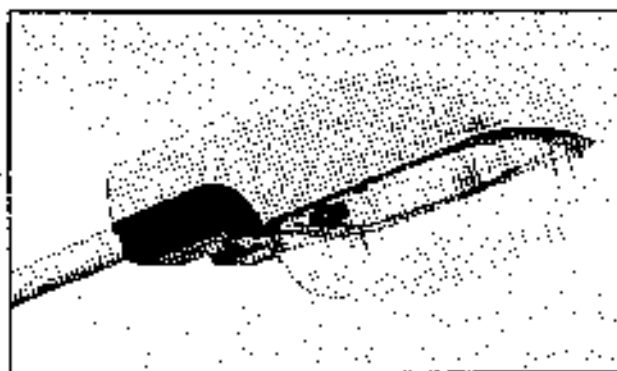
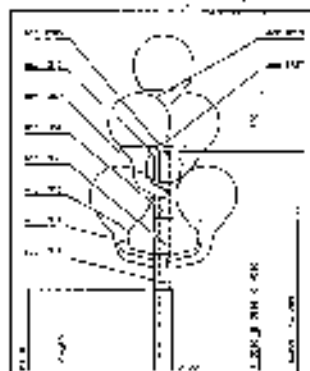


חומרי חשמל לתעשייה, בנין, רשת, אחזקה ותאורה



כבלים

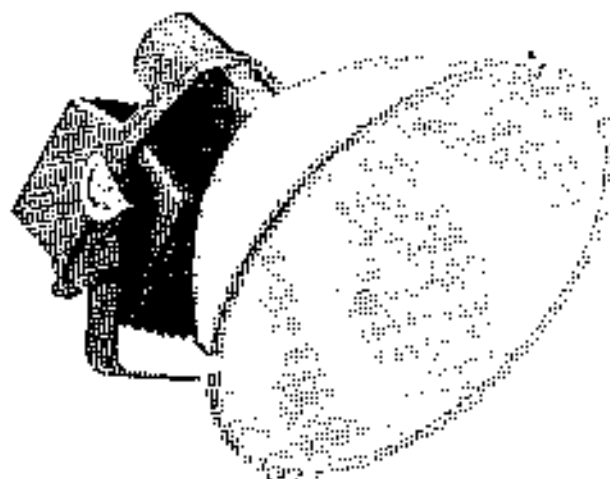
כבלי כח עליים ותת קרקעיים
מכל הסוגים, כל החתכים ובכל האורכים.
כבלי פיקוד ותקשורת, אספקה מהמלאי.
כבלי בטיחות - חסיני אש - נטולי הלוגנים
משפחת LYONOTOX תוצרת:
LES CABLES DE LYON



ציוד רשת
למתח נמוך
ומתח גבוה.
עמודי תאורה
ופנסים

תאורת רחובות ובטחון

מחסנים, אולמות ספורט
ותעשייה



רשת סניפים בכל הארץ:

אופיר שי ייצור שיווק ואספקה בע"מ
 משרד ומחסן ראשי : קרית ארזה, רח' עמל 73, טל. 03-9230855, פקס. 03-9233733
 סניף תל אביב : רח' החשמונאים 105, טל. 5614338, 5612376, פקס: 02-5814324
 סניף באר שבע : עמק שרה רח' הפועלים 20, טל. 052-36076, 057-32077, פקס: 057-32077

אופיר שי (1984) בע"מ
 משרד ומחסן ראשי : רח' זנווילי 10, אזור תעשייה רעננה, טל. 052-557802, פקס: 052-510826
 סניף יחשלים : דרך חבון 28, טל. 02-731080/5, פקס: 02-731082
 סניף הרצליה : רח' בן גוריון 48, טל. 052-557747, פקס: 052-557802

אופיר שי ייצור שיווק ואספקה צפון (1988) בע"מ
 משרד ומחסן ראשי : רח' בן יהודה 185, תל חנן, טל. 04-322277, פקס: 04-348415
 סניף כרמיאל : רח' המסגר 9, טל. 04-881898, פקס: 04-881881



תאורת גן

גופי תאורה למשרדים
 גופי תאורה מיוחדים -
 נגד סינוור לחדרי מחשב.



ציוד מוגן התפוצצות

קופסאות, אביזרי פיקוד
 כניסות וגופי תאורה

מחירי יחידים בלבד

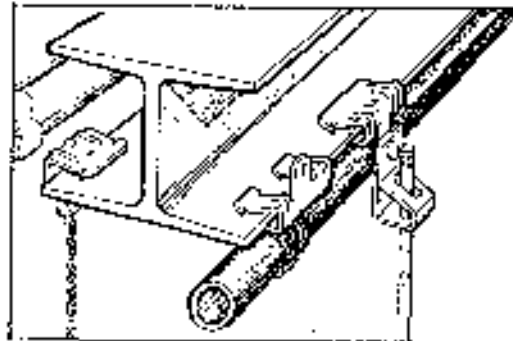


ציוד פיקוד

מיתוג ובקרה
 מתוצרת
לגרנד

ERICO®

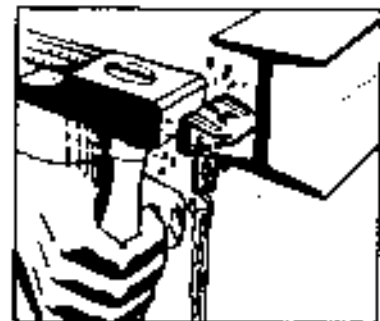
חברה בינלאומית חובקת עולם עם מגוון מוצרים
לשרות התעשייה. החשמל, מסילת הברזל והתקשורת



תפסניות CADDY לשמוש קבלן
החשמל, לבצוע תפיסות, תמיכות
ותלות, של כבלים, צינורות, אמרי
תאורה ועוד.

התפיסה המהירה

CADDY®



במכת פטיש אחת והבעיה נפתרה!

אלקטרודות הארקה

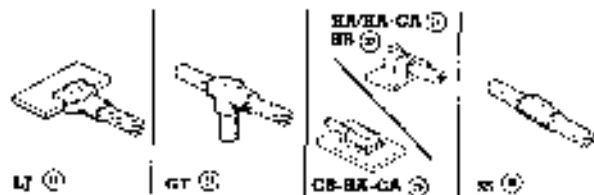
ERICO CADWELD



אלקטרודות הארקה בציפוי
אלקטרומגנטי לפי פטנט מיוחד
להשגת חבור אידיאלי בין הפלדה
הנחושת, טקנה לאלקטרודה
עמידות לאורך זמן.

תהליך רתוך

CADWELD



חבור בתהליך של פצוץ אקזותרמי
הנעשה בתנבית גרפית. לבצוע קל ומהיר
של חבור חשמל בעלי מוליכות אידיאלית
ועמידות לעשרות שנים.

03-5610232-3-4

רח' הארבעה 16, ת"א 61071
ת"ד 7179 ת"א 61071
פקס. 03-5610234

אוריאל שי בע"מ

"ביצים מרובעות של המדי חסומל"

**MEGGER
INSTRUMENTS
LIMITED**

**ציוד בדיקה במתקני כח -
לבדיקות בדוד/הארקה ובטיחות
סמוך על המומחים - MEGGER השם שהפך למושג**



חינוש עלמלי... תצוגה אנלוגית/דיגיטלית.

סדרת - MEGGER MB200

מתח בדיקה: 500V או 1000V/500V
בודקי טיב בידוד ורציפות -
אתרשת קיום מתח במתקן.



ספינת הדגל MEGGER BM11

מתח בדיקה: 5000V, 1000V, 2500V, 500V
רויזן טיב בידוד למתח גבוה - מגע רגישית גבוהה.
תצוגה אוטומטית לאתרעה על קיום פחת.
החומי התנגדות גבוהים.
סריקה אוטומטית מהירה של מעגלים קבוליים.



בדוק מעגלי הארקה (מעגל תקלה), "לופטסטור"

MEGGER LTS digital loop tester

המכשיר ללא סוללה - לבדיקה סהירה מודי-קוד
ורזולוציה 0.01 אומן ומגנטה כמשרכות חשמל
מתחת ותעשתיות. הבדיקה בהתאם לרשימת
התקנים הבינלאומיים השונים.



בודק הארקות יסוד והלקטורות אדמה

MEGGER DET3/DETS digital earth tester

מבחר מכשירים למשרכות הארקה פשוטה
ומירכבות. הריאה דיגיטלית ודימנטגית לאתר
"ינטורל" כל מימי המענות, תצוגה אוטומטית
של התנגדות וחד גבוהה.



מכשיר בדיקת בטיחות למכשירי חשמל מיידים

PAT2/PAT3 portable appliance testers

עיי דגטר התקני של המכשיר הנהיב ומקדחה,
קוסקוס ומכשירי ולמיצה על כמתור שגר
המכשיר סדרת בדיקות לקביעת תקינות ונטיות.
PAT2: 3 בדיקות "עובר לא שגר", הארקה,
בידוד, מתח גבוה, עומס, פשיכה.
PAT3: 2 בדיקות "עובר לא שגר", הארקה
וביבוד. דגם פשוט וזול יחסית.



מכשיר לבדיקה האנליזה של הפרעות במתח

PDA1 - power disturbance analyzer

קל לשמש ומה כתפוקה, לביצוע מעקב ורישום
של הפרעות, כגון קפוצוח ופוליות על ציח,
מפלי ומפאות מותח, רעשי תדר גבוה וכל
החירצות אלה משמעות עבודה חשבים וציון
הכולל מיקרו-מחשבים.

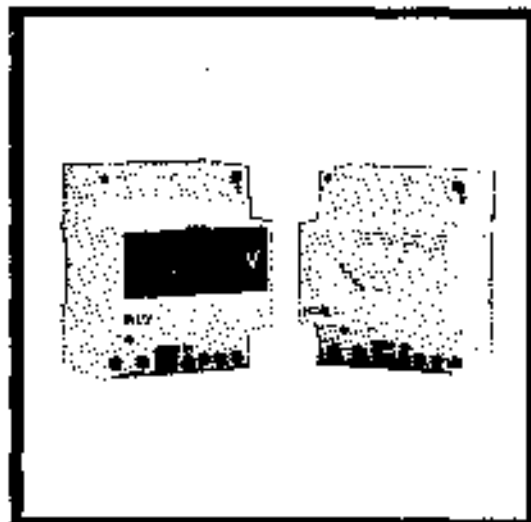
מייבא ומשווק עיי

אוריאל שי בע"מ "ביצים מחבעות של חמרי חשמל"

ת.ד. 7179 תל-אביב 61071, רחמי הארבעה 16 טל 4-3-5610232 (03), טלפס ל.ס.ח. 03-361579 KANF, פקס 03-5610234-3-00972 Fax

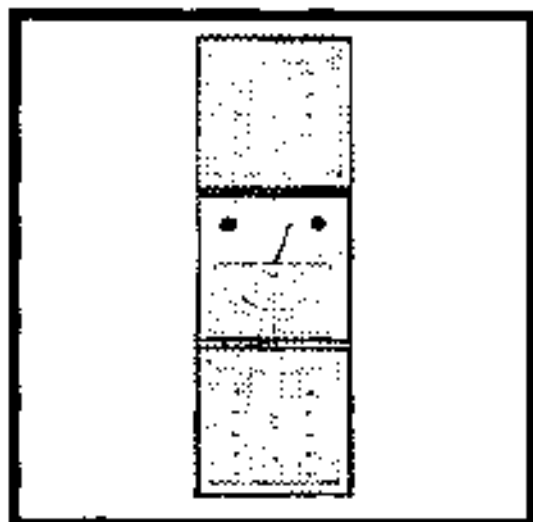
מגוון רחב של ציוד חשמל,

- מפסיקי זרם חצי אוטומטיים מתוצרת SACE.
- מפסיקי זרם זעירים חצי אוטומטיים מתוצרת AEG.
- מבשירי מדידה אנלוגיים/דיגיטליים ומתמרים מתוצרת IME.
- מגעים ויתרות זרם מתוצרת SCHIELE.
- מססרי זמן, פיקוח ובקרה מתוצרת SCHIELE.
- אביזרי פיקוח מתוצרת SCHIELE.
- מנתקי מבטיחים מתוצרת JUNG.
- שקעים ותקעים דגם CEE מתוצרת ILME.
- ווסתי כופל הספק מתוצרת FRAKO, CIRCUATOR.
- מהדקי פיקוח לחשמל ואלקטרוניקה מתוצרת PHOENIX.
- מוטות הארקה מתוצרת AARONING.
- סימניות לסימון חוטים וכבלים מתוצרת CRITCHLEY FLEXIMARK.
- ציוד בטיחות והגנה למתח גבוה.
- נתיבים למתח גבוה מתוצרת B.B.C.
- תעלות P.V.C מתוצרת פלגל.
- קופסאות, עמודות ושולחנות פיקוח מודולריים מתוצרת RITTAL.
- קופסאות חיבור ולוחות מאמתיים מודולריים מתוצרת SPELSBERG.
- בקרים מתוכנתים מתוצרת OMRON.
- ציוד פיקוח ובקרה מתוצרת OMRON.



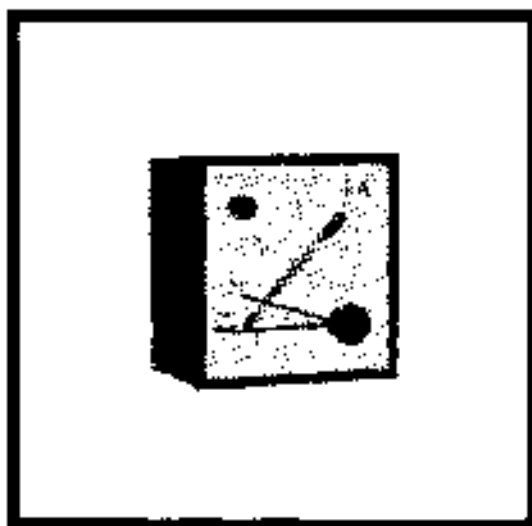
מכשיר אנלוגי/דיגיטלי להרכבה על פס חום לתצוגה של סנטי או זרם ושעות עבודה. תחום צמודה ניתן לבחירה על ידי השתמש.

IME



מכשיר משולב - מד מתח כפול, סינכרוסקופ ומד חדר כפול.

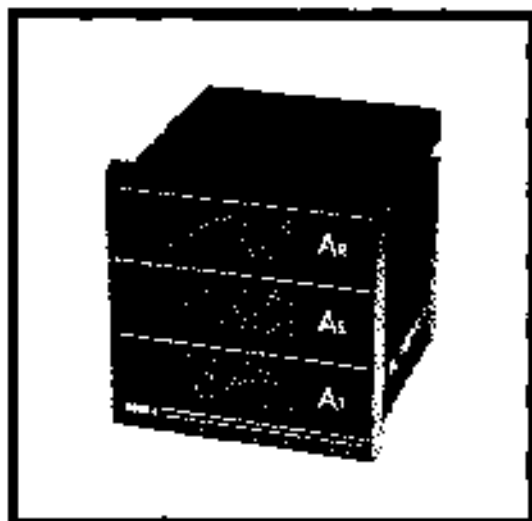
IME



מכשירי מדידה אנלוגיים, מתח, זרם, השפק, זרם שיא ביקוש, כופל הספק. מדידות: 96 x 96, 114 x 114, 72 x 72, 48 x 48.

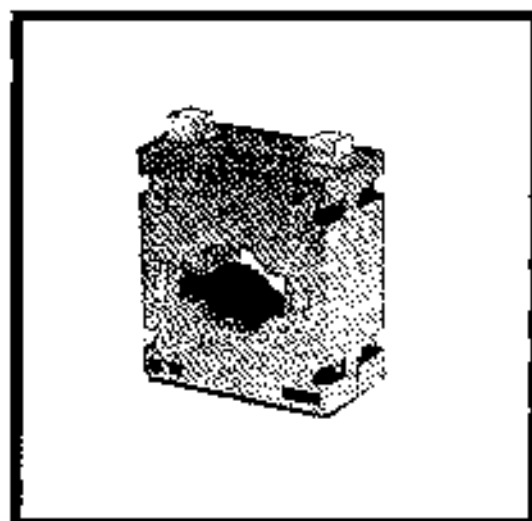
IME

מיתוג, פיקוד ובקרה באטקה



מילימטר דיגיטלי להתקנה על כבל 96 x 96
תעולה של מספר מילימטרים ברומניות.
ורם ב"3 פאזיות RST, HZ, A, Y ועוד, 1A
תצורה של ערך + עד 2 התדואות.

IME



סוגי זרם CURRENT TRANSFORMERS
עומדים בתקנים - IEC185 ו-IEC187
WTE NF C42-502, BS5938, BS0414.
זרם קצף דינמי - 2.5kA
זרם ראשוני - 6000A - 40
זרם משני - 1A ו-5A טחאים לפס/כבל.
הגנה - JIP30
תדר - ספנדורט 50HZ - 40
מידוד - CLASS E (IEC 85)

IME

**בכל אחד מהסניפים תקבל סיוע
טכני ואספקה ממלאי מקומי**

אטקה

אטקה בע"מ - שוק מוצרי חשמל ובקרה
מלבוש ר. לטונר חקלאות

סניף צפון:
רח' השיש 3, מפרץ תיפה
טל: 04-724402
פקס: 04-722967

3

סניף דרום:
רח' החשמלאי 15
עמק שרה, באר שבע
טל: 057-72323, 37111
פקס: 057-79195

2

משרד ראשי:
רח' היצירה 23, קרית ארית
פתח-תקווה
טל: 03-9392333, 9392411
פקס: 03-9244245

1



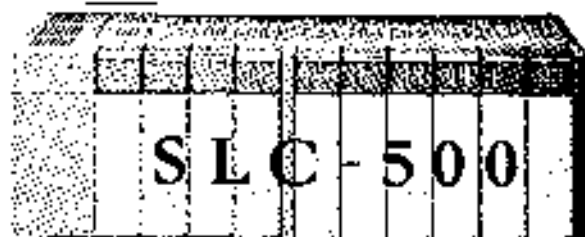
ALLEN-BRADLEY
A ROCKWELL INTERNATIONAL COMPANY

SLC 500

משפחת בקרים מתוכנתים לביצוע משימות גדולות

PROGRAMMABLE CONTROLLERS

- * משפחת בקרים קטנים עם יכולת בקרי ALLEN-BRADLEY הגדולים.
- * תקשורת ברשת בני הבקרים.
- * טיט פקודות רחב ומתקדם ביותר כולל P.I.D.
- * טכנה זכרון נמיש,
- * 4K INSTRUCTIONS/16K DATA WORDS
- * כומפקטי מאד בנוזלו.
- * גיבוי זכרון בבקר באמצעות ממון אפשרויות:
- * UVPROM, EPROM, סוללה.



במבנה המודולרי

- * תמיכה ב-4 עד 480 כניסות/יציאות.
- * מארגי הזינד בגדלים של: 4, 7, 10 או 13 מסילות.
- * כרטיסים במגוון רחב של אפשרויות כולל אלוני.



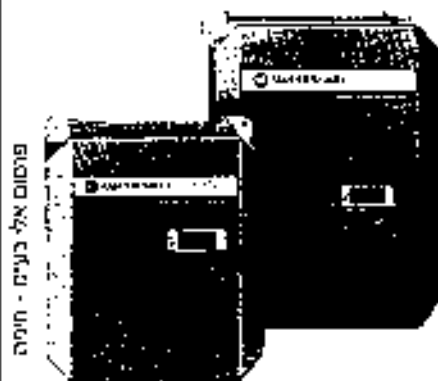
במבנה הקבוע
מ-20 עד 72
כניסות ויציאות
כולל אלוני
ומינה מחיר H.S.C.

- * מסוף תיכנות ידני משוכלל הכולל גם:
 - 5 שורות דיאגרמת סולם.
 - יכולת תיכנות OFF-LINE.

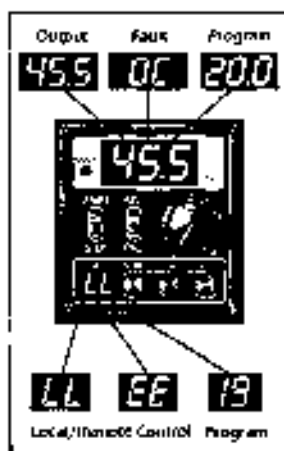
ווסתי מהירות למנועי AC

הדור החדש והמתקדם של ווסתי מהירות מהטובים בעולם.

VADER-101



פרסום אל בניין - חיפה



לוח תצוגה והפעלה בחזית המכשיר

למכשיר תכונות רגילות כגון:

- * סיקוד מקומי ופיקוד מרחיק.
- * 2 כניסות אלוניות ויציאה אלונית.
- * 3 מגעי עזר למידע המשתמש

ובנוסף כולל המכשיר תכונות ייחודיות סטנדרטיות:

- * 4 מהירויות הדרגתיות קבועות.
- * שלוש נקודות דילוג של תדירויות.
- * 9 רמות להגברת מומנט התנעה; COST.
- * הרצה ידנית INCHING
- * JOG (50 20 HZ)
- * תצורה דיגיטלית לסדר העבודה
- * להכלת ערכים מתוכנתים
- * ואחרון 7 סוגי תקלות.
- * אובציה: כניסות BCD
- (מחשב או PLC).



תליאביב, רח' תוצרת הארץ 10, ת"ד 36005
ת"א 61360, טל' 6954762-03 (10 קווים),
טלפקס: 32336, פקס: 6958678-03.



קונטל
התחלה מיכשור ומקרה בע"מ
CONTEL

אלקוטרייד מוצרי חשמל ואלקטרוניקה בע"מ

קופסאות פוליאסטר

במיוחד
עבוד
מוני חשמל
גז או מים
סטנדרט
E.D.F.



עם / בלי חלונות שקופים

סולמות ותעלות מחורצות לכבלים.

כולל כל האביזרים
בגליון חם

מתוצרת **RICO** גרמניה



כולאי ברק

METAL OXIDE

היחידים במבנה

SILICONE

Mc GRAW EDISON

ארזה"ב

מפסק זרם
על עמוד
מיתוג בואקום
עד 36KV

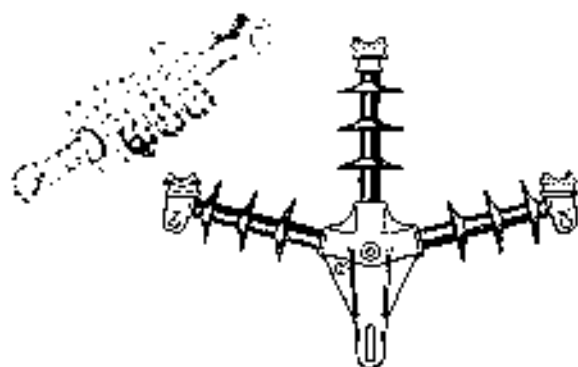


קיוסקים פוליאסטר

מתוצרת PETERS & THIEDING

מבדדים לרשת

EPDM IN SILICONE



תעלות פסי צבירה

כח ומאור 40-5000 A
מתוצרת POGLIANO

ציוד בטיחות - מ.ב. רשת אווירית מבודדת

מתוצרת SICAME/SEGERS

ונשאים רבים אחרים המחייבים את פגישתנו!!!

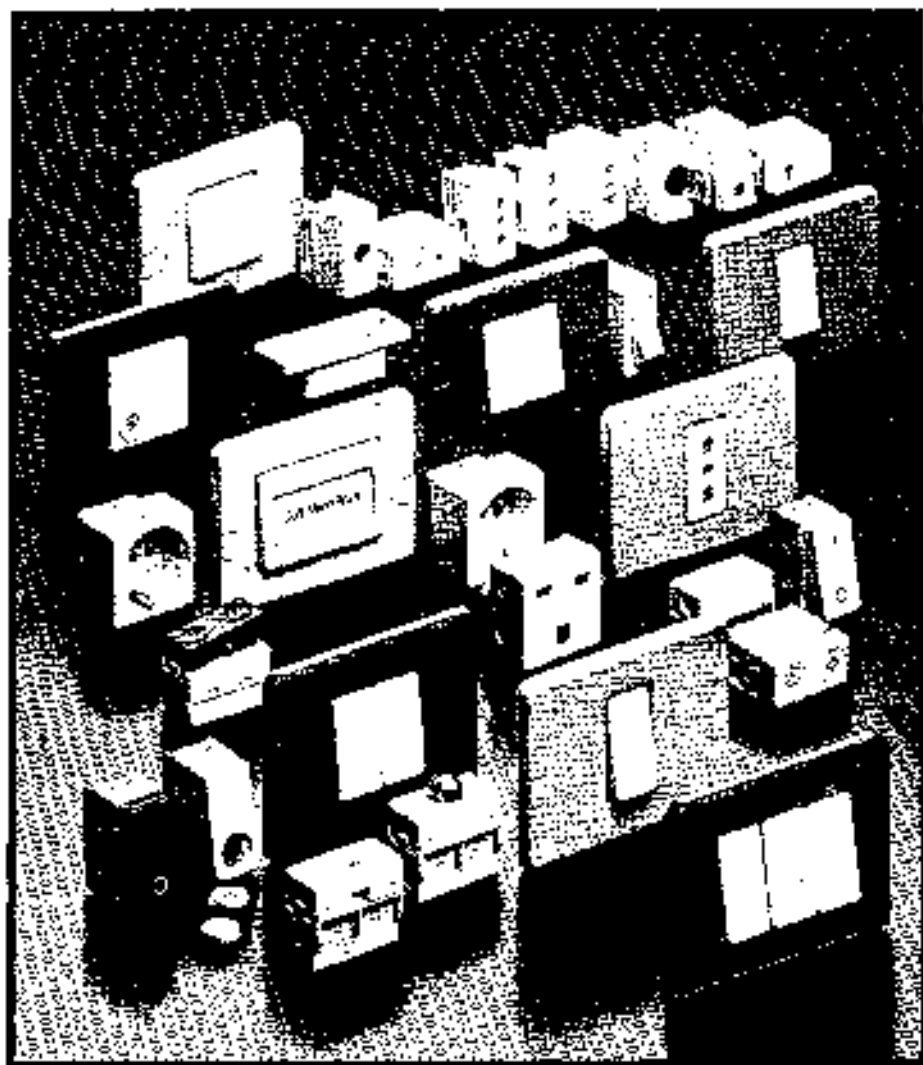
אלקוטרייד מוצרי חשמל ואלקטרוניקה בע"מ

דרך פ"ת 37, ת.ד. 20171, תל אביב 67137 טל : 03*624446, פקס : 03*624856

המודולרים של GEWISS

GEWISS

סדרת 9000 תחת הטיח



סדרה חדשנית של מפסקים, לחצנים, שקעים, עמעמים, נוריות סימון, פעמונים. זמזמים וכל שאר האביזרים החשמליים -

הכל ביחידות מודולריות הנתנות להרכבה עצמית בכל שילוב אפשרי במסגרות בצבעים שנהב, תום, אפור, אדום, ירוק, בורדו, תכלת וזרוד. התקנה גוחה, בטיחות מירבית, בעיצוב יפיפה וגימור מושלם - פאר תוצרת איטליה.

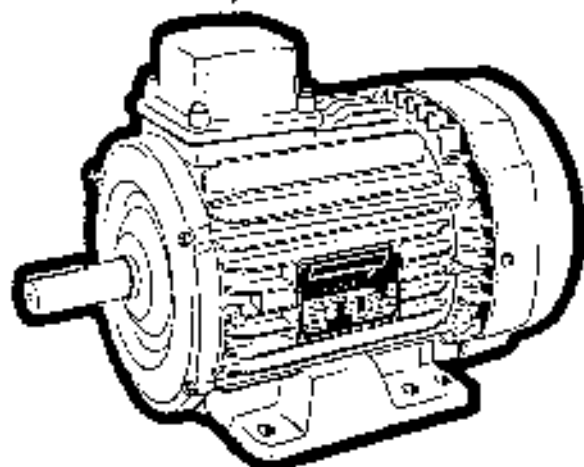
סדרת 9000 מאושרת ע"י מכון התקנים הישראלי.

לקבלת קטלוג מפורט והדגמה פנה ל-

זאב שמעון - חמיש בע"מ

שד' זשינגטון 18 ת"א, 66086, טל. 03-834111, פקס. 03-834114

**ליפוף ותיקון מנועי חשמל
ושירותי איזון דינמי**



- ליפוף מנועים בעלי שני חילופים (2.2KW) בכל חילופים
- ליפוף מנועים בעלי שני חילופים (2.2KW) בכל חילופים



- ליישום ותיקון מערכות חשמל (10.0.0) ומיטוריות
- ליישום ותיקון מערכות חשמל (10.0.0) ומיטוריות

אלקטרוטכניק

(1984) מ.ע. בע"מ

רח' גזאל 3 | פינת ח' ח' ז' |

גשר סן | תל אביב | ת.ד. 2636 | תל אביב

טל. 04-644238, פקס. 678702

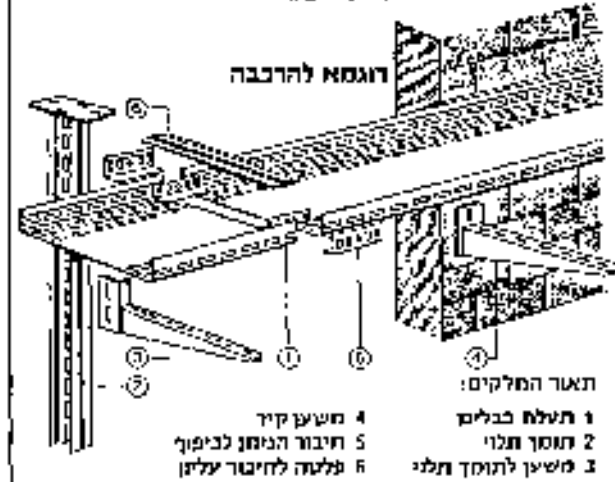


ליווי נוסף חתן 47/28

יירד שיווק בע"מ

ת.ד. 609, נצרת עילית, טל. 06-574434

**תעלות
וסולמות כבלים
MFK**

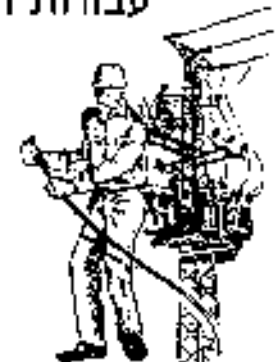


יעד/אינטר אלקטריק

**שרות וביצוע
עבודות חשמל בע"מ**

ביצוע
עבודות חשמל
בתעשייה

בתי קרוו,
מכוני תערוכות,
בתי אריזה



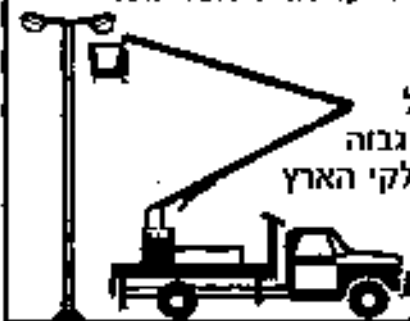
מחירים
מחירים
מחירים

נצרת עילית, אזור תעשייה ב', רח' העמל 3
ת.ד. 609, 70, 06-574434, פקס: 06-563367

א.ש. חברה לעבודות חשמל בע"מ

א.ש. חברה לעבודות חשמל בע"מ

השכרת מנוף להדמת אנשים ועבודות:
תאורה * גיזום * צביעה * ריסוס
ולכל מטרה עד גובה 18.5 מטר



עבודות חשמל
ומתקני מתח גבוה
עבודה בכל חלקי הארץ

המנוף בעל יציבות מעולה
אפשרות הפעלה מהסל וסיבוב של 360°
המנוף מאושר על ידי משרד העבודה ומבטח התקנים

אשדוד: רח' המסגר 3, פקס' 08-524405
08-533460, 524357

ליווי נוסף חתן 47/28

ליווי נוסף חתן 47/28

יצור אספקה והתקנה של סולמות כבלים לתעשייה



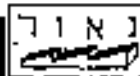
סולמות כבלים - תעשייה

אנו מציעים:

1. פתרון לכל תוואי סולם כבלים מיוחד
2. מגוון רחב של מידות ופניות שונות
3. חזק מיבני מוחלם לעומקים עד 200 ק"צ למ"ר
4. ציפוי אבץ חם 77 מיקרון או צבע לפי דרישה.

אחריות 10 שנים לציפוי, אספקה מהירה

דגמי ציפוי שונים והצעות קטלוג ומחירון נא לשנות למעיד:



נאור בע"מ

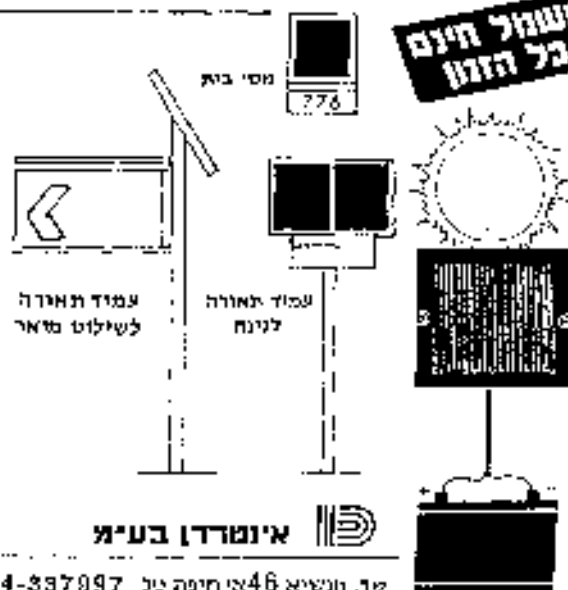
קבלני חשמל לתעשייה

מפעל חיפה, רח' חלוצי התעשייה 79, ת.ד. 10266
טל. 04-411142, 04-414834, פקס. 414528

תאורה ללא חשבון חשמל תאורה סולרית

החשמל המולרי בשומש במנו נכבא היום
בהישג יד להארה במקומות שאינם מוארים
גאשת החשמל, בגוץ בינות, לכיליה וכך

**השמש חיינה
כל הזמן**



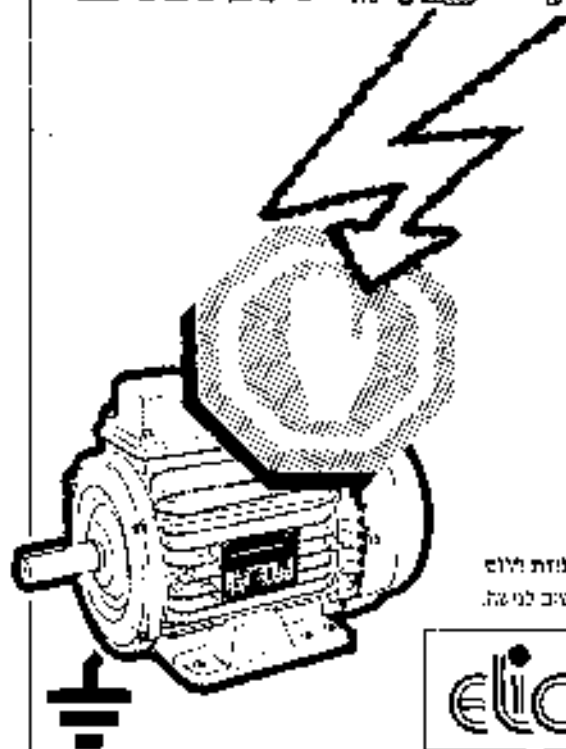
04-397097

פ.ד. הנשיא 46 א חיפה טל. 04-397097

לפרט נספח ספח 42/20

לפרט נספח ספח 42/20

הקדם תרופה לשריפת המנוע



תיקון מגוע שרף צולת לך ביקור! (נאמן השבתה, עבודה ושיפוץ)

- כאשר אזהר זקיק למנוע הוא אינו תקין, כבד מנוע מיד!
 - מגעים נשפים לרוב בעל ליכוי בידוד חשמלית הנערים כשרכיבי עובד:
 - בחתירה מקדמות של ה- IREH נתון למנוע את חלק:
 - בעודת ה- IREH בודק סיב המורה כל הנתן בשלמות אינו מועל!
 - ה- IREH מאשר עקום בנמצאים חודשים עוד נאמן חתמה הליקט
 - נוגד במקרה לסעיפים (ולגורמטיות) השמשים לשעול האלה נתון מאכאית סיבא (ש), (בעלות ליה
- נתן כמגעים המוקמים להוציא לחיה-בוחה או במקרה קשים למטה.

אלימיוץ תשוק

בניין יחי צריל 98, קריאון
ח.ד. 994 קריאון 55109, טל. 03-343506, פקס. 03-340776

לפרט נספח ספח 42/20

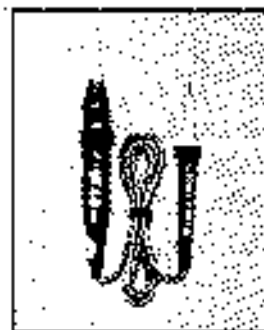
אמינות מעבר לקו

K&D

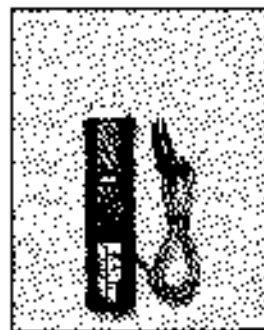
החברה המובילה בייצור גלאים ומכשירי עזר לחשמלאי



KD 4002 חבי אלדין גאה להציג את **הגלאי המשולב** גילוי V 240 - 220 V ללא מנע, אבחון נתק כבבל, בדיקת רציפות, בדיקת הארקה, סטטור מגע (2 חוטים) AC, DC. בדיקת קוטביות, מבחן בקי V 220 ל-360 V, זמזם + נורית בקרה



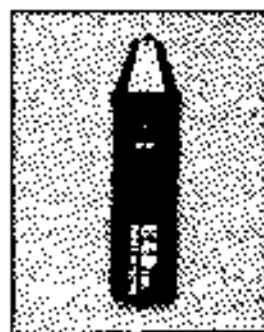
KD 1202
סטטור מגע
2 חוטים
בודק ומבחן בקי V 240 - 220 V ל-360 V
גילוי סטייתת למדידת סוג כושר
2 מערכות עצמאיות הפועלות בוחד על מנת להבטיח גילוי סטור מתח



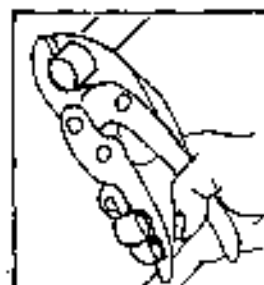
KD 1102
מד רציף
בדיקת רציפות
בדיקת הארקה
זמזם
1 נורת בקרה



KD 1002
גלאי כבלים
וצינורות מתכת,
מגלה ומזהיר סוגי כבלים וצינורות מתכת בתוך חקיה. מדידת רמת הפעילות המגלה בו זמנית מתח ומתנת; יכולת חכמה בין כבל חשמל לבין צנת מתכת כפתור כושר רישות זמזום נוריה בקרה



KD 7002
גלאי מתח
מלוי טכנות V 240 - 220 V ללא מנע כבבל או מכשירי אחרות. גלק לבלבלי חשמל זמזום - נוריה בקרה



KD 37, KD 42
חונך צינורות
מריחן
KD 37 - 37 ס"מ
KD 42 - 42 ס"מ



KD 1402
נני"ס בודק נורות
נתיכים וסוללות
בודק את כושר כוללות V 1.5 ו V 9 רגוליות, אולפין וטענות, נוריה חשמל מתוח (הבינה ביוטען) ונתיכים זמזום + נוריה בקרה.

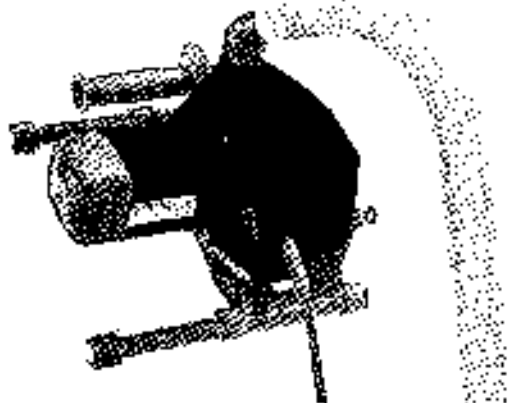
ניתן להשיג:

חיפה והצפון: המשביר המרכזי, שי אופיר, צהר חשמל, אלקטרו תבע, רון ויקטור, אלקטרו ספרד, ארגן.
תל אביב והמרכז: המשביר המרכזי, שי אופיר, חשמל ירושלים חשמל זיבומינסקי, חשמל מודיעין, א. בחן, ארכה, מוטי עמרני-חשמל על, אדיר אורון **ירושלים והדרום:** אורנים איזמט, השבעה, אור 87 אילת, שי אופיר

היבואן: אלדין בע"מ 03-816904

Z.L. SYSTEMS LTD. צ.ל. מערכות בע"מ

IMPEX - ST-D 70 E - GERMANY
 מכונה חד צידית לחיתוך חוטרים קשים
 בתנאי הלחץ



מכונה חד צידית ST-D70E היא מעור חרוט מוביל
 IMPEX, הבא לעולם על בעיות החריצה השדורן
 בחומרים קשים, כגון: בטון, מזוקן, גרופס, אספלט, רעפים
 ועוד. מכשיר זה מבוסס על הידע, הנסיון הרב והרמה
 הטכנית הנבונה שנצברו במפעל IMPEX.

IMPEX - ST-67 - GERMANY
 מכונה חד צידית לשימוש בלחץ מולטי-מט



מכונה חד צידית ושימושית IMPEX-ST-67 בעלת
 תנאי רב ואמינות מוכחת באזור הבניה הזה עולם.

המכשיר ניתן לשימוש על קירות מבלוק לחץ ועל
 כיתור על חומרים רבים כגון: איסוף, גבס, סימנט וכד.

רח' מרוזין 5, מרכז הסלואנה גבעתיים, ת.ד. 873 מיקוד 53108
 טל': 03-5715005, טלפקס: 03-5711073, 371385 זי טלפקס:

לחיצת מסך מס' 47/34

הזמנת מודעות
 ל"התקע המצדוע" מס' 48

זל

פרסום אלי בע"מ

ת.ד. 4505 חיפה - 31044
 טל. 04-667534
 פקס. 04-678043 EXT. 9527

* ניתן למסור הנחיות בלבד,
 ואנו נעצב ונבצע את מודעותיכם
 לשיעור הנמוך ביותר.

לחיצת מסך מס' 47/36



מערכות מיגון אש
 (שריט 1988) בע"מ

מערכות פסיביות למניעת
 התפשטות אש ועשן

- * חסימת אש במעברי כבלים וצנרת.
- * ציפוי כבלי חשמל ותיקשורת.
- * תגנה על קונסטרוקציות מתכת.

FLAMMASTIK®
 KBS System



רח' העמל 10, ת.ד. 208 אזור התעשייה אור יהודה 60251
 טל. 03-347214, 717016, 716473
 פקסימילית 03-5339285

לחיצת מסך מס' 47/38

אינג'י פאול שפר

א. ועדת ההוראות לביצוע עבודות חשמל

אין לנו בשורות חדשות בשטח תקנות החשמל. לשמחתנו, הסתיימה העריכה המשפטית של שלוש התקנות שנסקרו ב"התקע המצדיע" מס' 45 – יוני 1990 וב"התקע המצדיע" מס' 46 – דצמבר 1990. יש לקוות שבימים הקרובים הן תפורסמנה, ואז נביא ב"התקע המצדיע" הבא פרטים על מספרי הפירסום בקובץ התקנות הרשמי.

בינתיים, הסתיימה הקריאה הראשונה של תקנות החשמל להתקנת מיתקנים באתרים רפואיים.

כמו כן הסתיימה הקריאה הראשונה של עידכון תקנות החשמל (העמסת מוליכים). לעידכון זה הוכנסו בתקנות הדרישות המתייחסות למוליכים בעלי בידוד שיכול לעמוד בטמפרטורת עבודה של 90 מעלות צלסיוס. הכוונה היא בעיקר לבידוד מפוליאיתלן מוצלב (XLPE) ובידודים מסויימים נטולי הלוגן.

ב. ועדת הפירושים

זה כמעט שלוש שנים שהמידע על עבודת ועדת הפירושים מופיע ב"התקע המצדיע", כדי ליידע את ציבור החשמלאים בהחלטות הוועדה. מאז, חלה עלייה מתמדת במספר פניות הציבור לפירושים מוסמכים של התקנות.

יש להדגיש שוועדת הפירושים אומנם מוסמכת **לפרש** את הכתוב בתקנות, אך אינה מוסמכת **לשנות** את הכתוב או **לתת** המלצות לגבי נושאים המטופלים בתקנות.

הוועדה נשאלה, למשל, שאלה כזו:

צבע הבידוד של מוליכים מבודדים לרשתות עליות

"למרות שתקנות החשמל (התקנת רשתות עליות במתח נמוך עד 1,000 וולט – קית 5188) לא מתייחסות לרשתות עליות עם מוליכים מבודדים, מה היא הסמלת הוועדה בקשר לצבע הבידוד של מוליכים אלה?"

הוועדה מגוועה מלהביע דעה מוסמכת בנושא שבפירוש מוצא מתחום התקנות המתייחסות.

אולם כידוע נערך עכשיו, באישור משרד האנרגיה והתשתיות, ניסיון נרחב בחברת החשמל בחתקנת רשתות עליות עם מוליכים מבודדים, כדי ללמוד את הבעיות הקשורות לנושא זה. כנסר הניסיון – ובתנאי שהתוצאות תהיינה חיוביות ויהיה רצון להמשיך ולהשתמש בשיטה זו – יעובדו התקנות הרלוונטיות כתוספת לתקנות של רשתות עליות.

בינתיים, ניתן רק להגיד, בהחלט באופן בלתי רשמי, שבעולם הרחב מקובל להשתמש במוליכים מבודדים כאלה שצבע בידודם שחור, וזאת בגלל כושר העמידות הטוב של בידוד שחור בקרינת השמש.

הדוגמה נוספת לשאלה שהופנתה לוועדה:

פי שפר – וייר ועדת ההוראות ועדת הפירושים שליד משרד האנרגיה והתשתיות

צנת החשמל לחדרי הסקה

"איזה סוג מיתקן חשמלי נדרש לפי חוק החשמל לחדרי הסקה המופעלים בסולר או נו כבתי מגורים, כבניינים ציבוריים ובמבנים תעשייתיים?"

תשובת הוועדה

לא קיימת המתייחסות ספציפית לחדרי הסקה בתקנות ולכן ועדת הפירושים אינה יכולה להצביע פסיקה מתחת ידה.

החבר, לאחר בדיקה, כי גם בחו"ל אין איזכור ספציפי לחדרים מסוג זה בהוראות החשמל.

עם זאת, שאלות מסוג זה מצביעות על נושאים הדורשים טיפול. הן נרשמות ומוכאות לפני ועדת ההוראות לטיפול בכוא הט.

לדאבונו, מספר הנושאים שטרם הגיעו אל שולחן הוועדה הוא רב לאין שיעור מזה שכבר טופל. ולמרות זאת, אנו מבקשים מציבור החשמלאים שלא להסס ולהעביר אלינו את כל השאלות המקצועיות המטרידות. אנו נעשה את מיטב יכולתנו לננות לפי אחת משלוש האפשרויות:

- מתן תשובה אישית.
- העברת הבעיה לוועדת ההוראות.
- דחיית הפנייה מחוסר סמכות.

להלן כמה מהנושאים שנדנו לאחרונה.

סימון מוליכים בלוח החשמל

בסעיפים 35 (36) של תקנות החשמל התקנת לוחות, נקבע כי יכל מוליך אפס (הארקה) ייקבע על ידי בודג המיוחד להתקן האמור באופן שבוסטן ניתוק אחד מהם לא ינותקו יתר מוליכי האפס (הארקה). כיצד ניתן לזהות מוליך באין עליו סימן, ובמיוחד כשכל המוליכים מובאים לתוך הלוח בצמה מאגדתו בעיה זו חריפה במיוחד במיתקנים ביתיים וציבוריים.

תשובת הוועדה

כפי שכבר הוסבר ב"התקע המצדיע" מס' 44 – פברואר 1990, שבו הובאה סקירה על תוכנו של תקנות חדשות – התקנת לוחות במתח עד 1,000 וולטי (טרם פורסמו), בהן קייסת דרישה חדשה לסימון מוליכים, אך היא אינה מקיפה את כל סוגי המוליכים.

למען הסר ספק, להלן הנוסח המלא של תקנה 14 בתקנות החדשות.

א. מבטחים, ומפסקים וציוד המשמש למדידה, בקרה והתנעה יסומנו בהתאם ליישום.

ב. בלוח בעל מבטח ראשי של 100 אמפר או יותר והמצויד בסרגל הדקים, יסומנו גם הדקים והמוליכים המחוברים אליהם.

ג. כבלים ומוליכים המגיעים ללוח, למעט במיתקן ביתי, יסומנו בהתאם ליישום.

יהיה גובה של התקנת מפסק 160 ס"מ למחות מהרצפה וגובה בתי תקע 180 ס"מ למחות מהרצפה.

דובר על תינוקות וילדים, קשה לקבוע פתי ילד מפסיק להיות ילד, לגבי אמו הוא כנראה נשאר ילד לעולם, אך לגבי סכנת טיפול ילדוטי במפסק או בבית תקע, הרי כשהוא ממילא יכול להגיע לגובה ההתקנה, או שאין לו יותר בעיה לעמוד על כסא, אזי אין יותר טעם בהגבה הנדרשת.

אומנם נהוג היום להתקין את האבורים האמורים בגובה הנדרש בתקנה 18 (ג) גם בבתי ספר יסודיים, אולם לא נראה כל טעם לעשות זאת בפנימיות של ילדים בגיל 14 ומעלה.

הזנת משאבות סיחורו של דודי מים סולריים

בתקנות החשמל ומעגלים סופיים הנוגעים במתח נמוך – ק"ת 4731, תקנה 49, נדרש מעגל מיוחד להזנת דוד שמש.

האם מותר לחבר למעגל זה את משאבת הסיחור, הנדרשת באותה הצנרת כאשר הדוד מותקן במיפלט נמוך מזה של הקולט?

תשובת הוועדה

יש לראות את הדוד ומשאבת הסיחורו כמסרכת אחת המשולבת בפעולתה, ועל כן מותר, ואף רצוי, להזין אותה מאותו המעגל. מה עוד שהמפסק המשאבה בדרך כלל מוגבל לכמה עשרות ואטמים בלבד.

מאחר שיש קשר גלווני, דרך צנרת המים, בין הדוד לבין המשאבה, יש הכרח לשימוש במוליך הארקה משותף. תנאי נוסף הוא שאפשר יהיה לנתק את המשאבה מהוינה ליד מקום התקנתה, כדי שניתן גם להפסיק את דוד השמש ליד מקום התקנתו כנדרש בתקנה 50.

כל הנאמר בתקנה זו חל כמובן גם על פס האפס שהוא חלק חי, חשוף ונגיש, כך שבכל לוח, למעט לוחות הנמצאים במקום שהגישה אליו מיועדת לחשמלאים בלבד, חייב גם פס האפס להיות מאחורי מכסה (או דלת). המכסה המורכב על לוח פלסטי תקני לשימוש ביתי נראה כעונה על הדרישה.

גובה ההתקנה של מפסקים ובתי תקע

האם הנאמר בתקנה 18 (ג) של תקנות החשמל (מעגלים סופיים הנוגעים במתח נמוך – ק"ת 4731) חל גם על חדרי דיוור בפנימיות (כמו פנימיות אסנותיות, צבאיות וכו')?

תשובת הוועדה

בתקנה האמורה נאמר בפירושו: "... בחדרים המיועדים לתינוקות או לילדים במסודות



ד. כל הסימונים יהיו ברורים ובני קיימא ברור מהניסוח שהוועדה לא ראתה מקום לחייב כל מיתקן ביתי שרוב המולכים בו הם 1.5 סמ"ר או 2.5 סמ"ר, בסימון כל מולך.

יתכן שחשמלאי שירצה להראות עבודה נקייה ויפה, יעשה מאמץ מיוחד כדי להכניס שדוול ממוספר, או כל סימון ויהי אחר, על המולכים ו/או על המובילים הנכנסים ללוח, אך לא תהיה חובה כזאת אלא בלוחות של 100 אמפר ומעלה.

הגנה על מוליכי האפס

בתקנות החשמל (וכללים להתקנת לוחות במתח נמוך – ק"ת 3531) נאמר בתקנה 35 ג: "בלוח עם גישה מהחזית בלבד יהיה התקן לחיבור מוליכי האפס בחזית; ההתקן יוגן בפני נגיעה מקרית על ידי מכסה בלתי דליק או כבה מאליו".

האם כוונת תקנה זו ללוחות ביתיים ישנים בלבד, כאשר מולך האפס היה גלוי מעל מסד הנץ, או גם ללוחות תעשייתיים עם דלת?

תשובת הוועדה

ברור שהכוונה היא לכל לוח שהוא. בכל לוח יש למנוע נגיעה מקרית בפס האפס, אשר נחשב, כמו גם מוליכי האפס, כמוליך חי.

דלת ממתכת, או מחומר פלסטי בלתי דליק או כבה מאליו, נחשבת כהגנה מספקת.

לתקנה המצוטטת יש הרחבה בתקנות החדשות העומדות לפני פירסום. בתקנה 17 של העידכון החדש, אשר כותרתה היא "הגנה בפני מגע מקרי" נאמר: "חלקים חיים חשופים ונגישים בלוח, או מעל למעבר שלו, יוגנו בפני מגע מקרי בדרגת הגנה IP2x, לפחות לפי תקן ישראלי ת"י 981. הוראות תקנה זו לא יחולו על לוח המותקן בחדר או בתא מיוחד שהגישה אליו מיועדת לחשמלאי בלבד".

מיפרט החשמל לבתים יבילים – הבהרות

איג'י מריאנה משה

במסגרת ההיערכות לקראת קליטתם של בתים יבילים (קאראונים) כבתי מגורים הוכן על ידי מכון התקנים הישראלי, בשיתוף משרד השיכון והבינוי וחברת החשמל מיפרט טכני המפרט את הדרישות ממבנים אלה. פרק ה' במיפרט זה הוא מיפרט החשמל לבתים היבילים. סקירה על מיפרט החשמל לבתים יבילים, המהווה חלק מ-מפכ"מ ג-412 – ספטמבר 1990 הופיעה ב"התקע המצדיע" מס' 46 – דצמבר 1990. נושא מאמר זה הוא הבהרות המתייחסות למפרט החשמל לבתים יבילים.

חשוב לציון, שלא ניתן אישור לייבא בתים יבילים ללא אישור של חברת החשמל לגבי מיתקן החשמל הפנימי.

אופן חיבור החשמל

ככלל, אספקת החשמל לבתים יבילים חד משפחתיים או דו משפחתיים היא באמצעות חיבור תת קרקעי.

בתים יבילים מיובאים

חברת החשמל נבדקת תוכניות מיתקן החשמל הפנימי ועמידתו בדרישת מיפרט החשמל לבתים יבילים.

אם במיתקן החשמל משתמשים בחומרים, השונים מאלה המקובלים בארץ, יידרש היצרן לספק תעודות בדיקה לחומרים אלה.

מיתקן החשמל לבתים יבילים

בתים יבילים המיוצרים בארץ

דרישת חברת החשמל היא שמיתקן החשמל יעמוד בדרישות מיפרט החשמל לבתים יבילים.

מי משה – עוזרת טכנית למנהל הרישת הארצית, אגף הצרכנות, חברת החשמל

לאור בקשה שהוגשה ממשרד הבינוי והשיכון, חברת החשמל נתנה אישור לחיבור חשמל עולי לבתים יבילים. אולם, במקרה זה, דורשת חברת החשמל התקנה של ארון מוגנים על הקיד החיצוני של הבית היביל (איור 1).

מונה החשמל

בתים יבילים הנבנים באתרים עירוניים או כפריים, אשר לפי תוכנית בניין ערים אינם מיועדים לבנייה למגורים, כלומר, אתרים ומגיים, יקבלו אספקת חשמל בצובר (ראה תמונה 2). חווה ההתקשרות בדבר התשלום עבור החשמל שצורך יהיה בין חברת החשמל ובין החברה המסכנת.

בתים יבילים, הנבנים באתרים עירוניים או כפריים, אשר לפי תוכנית בניין ערים מיועדים למגורים, יקבלו אספקת חשמל רגילה, כלומר בכל בית יביל יותקן מונה חשמל.

שיטת ההגנה בפני חיטמול

שיטת ההגנה בפני חיטמול במבנים היבילים היא איפוס TN-C-S, על פי תקנות החשמל, ולכן יש לבצע בהם השוואת פוטנציאלים של כל השירותים המתכתיים, כנדרש בתקנות החשמל בנושא.

כל בית יביל יוגן בפני חיטמול באמצעות איפוס TN-C-S. רשת המתח הנמוך (230 וולט) תתחבר לכל בית יביל, ללא מוליך הארקה. דין זה חל גם על חיבור הבתים היבילים לרשת הפרטית, במקרה שאספקת החשמל היא בצובר. אם בוצע לאורך הרשת הפרטית הארקות שיטה נוספות, אזי ההתנגדות השקולה שלהם תהיה פחות מ-5 אוהם, כנדרש בתקנות החשמל.

התנגדות הארקה

כאשר בסיסו של בית יביל בנוי על גבי פס פלדה טבעתי מגולוון, הבסיס יכול לשמש טבעת נישור והתנגדות הארקה תהיה קטנה מ-20 אוהם. אם לא – יש להוסיף אלקטרודות מקומיות עד קבלת התנגדות הארקה הקטנה מ-20 אוהם.

כאשר בית יביל אינו בנוי על גבי פס פלדה טבעתי מגולוון, והוא מונח על עמודי יסוד סבטון, יש לחבר את ויוני העמודים על ידי טבעת נישור מפס פלדה מגולוון 40x4 מי"מ למחות, הטמון באדמה בעומק של למחות 0.5 מטר. לטבעת הנישור תותקן יציאת חוץ אחת, למחות, מכל צד של המבנה.

אם ההתנגדות בין הארקה היסוד ובין המסה הכללית של האדמה גדולה מ-20 אוהם,

יחברו אלקטרודות נוספות לאחת היציאות, עד קבלת הערך הנדרש.

מבנים שאין להם הארקה יסוד יצוידו באלקטרודות מקומיות, כך שההתנגדות למסה הכללית של האדמה לא תהיה גדולה מ-20 אוהם.

מעגל בלבדי למיתקן מיזוג האוויר

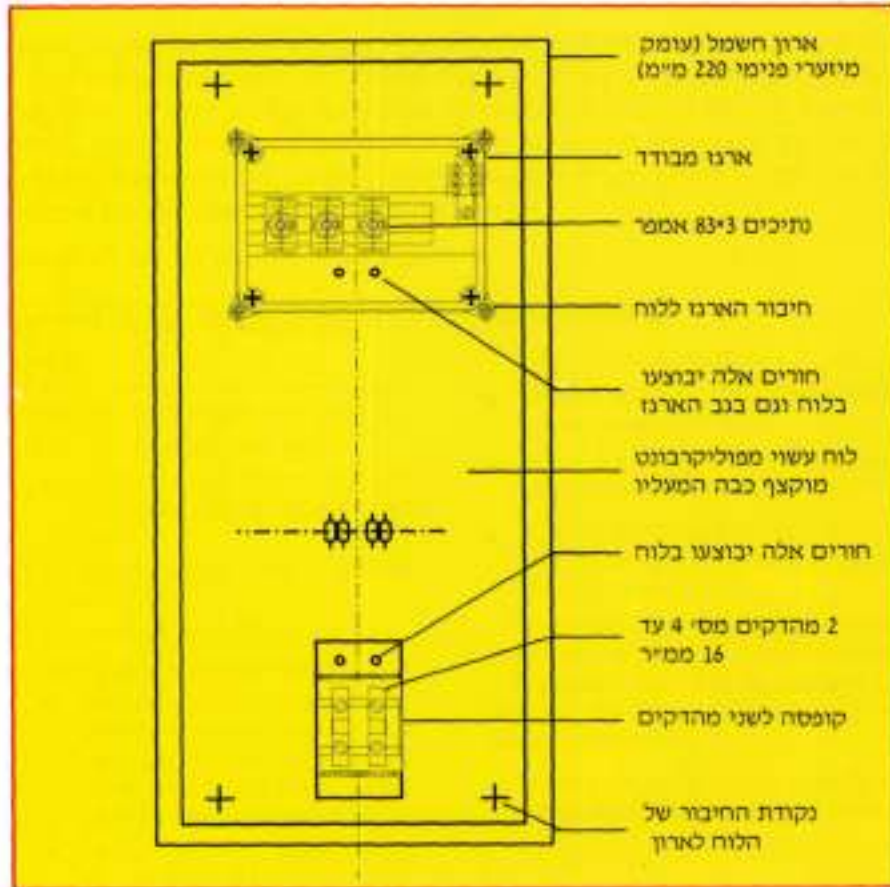
לבני דרישת המיפוט להכנת מעגל בלבדי למזוג אוויר, הכוונה היא כי בכל חדר, נוסף

לשני בתי התקע הרגילים הנדרשים, יותקן בית תקע נוסף מיוחד לחיבור מזוג האוויר.

שטח החתך של המוליכים המחוברים לבתי התקע למזוג יהיה 2.5 ממ"ר.

קיימת אפשרות שהזנת כל בתי התקע המיוחדים להכנה למזוג האוויר שבבית היביל תעשה ממעגל סופי מיוחד אחד, שיהיה משותף לכל בתי התקע המיוחדים למזוג האוויר.

מעגל משותף זה יוגן באמצעות מאיז 16 אמפר בעל אופיין G.



איור 1 ארון החשמל בבית יביל



תמונה 2 רשת חלוקה פרטית לשכונת בתים יבילים המקבלת אספקה בצובר. בעינוול נראית תיבת ההסתעפות ממנה יוצא הכבל לחיבור הבית היביל

תחנות טרנספורמציה זעירות

אינג' מרים פלד ראינב' אייל גבאי



במערכת החשמל קיימות שלוש אפשרויות להמרת אנרגיה חשמלית ממתח גבוה (13.2 ק"ו, 24 ק"ו ו-36 ק"ו) למתח נמוך (400 וולט).

- תחנות טרנספורמציה עיליות – על עמודים.
- תחנות טרנספורמציה פנימיות – תחנות טרנספורמציה בתוך מבנה בטון.
- תחנות טרנספורמציה זעירות – למתחים 13.2 ק"ו ו-24 ק"ו בלבד.

משיקולים טכניים ולכלכליים – השאיפה להקטנת הפסדים בקווים, מיגבלת אורכם של קווי מתח נמוך בגלל מפלי מתח בקווים, והרצון להשתמש בקווי חלוקה קצרים – יש צורך למקם את תחנות הטרנספורמציה סמוך למרכזי הצריכה. כלומר, באזורים המאוכלסים בצפיפות. מאחר שבאזורים אלה, בדרך כלל, קיים מחסור בשטחים פנויים, המחסור מוביל לשאיפה לבנות תחנות טרנספורמציה בממדים זעירים – תחנות טרנספורמציה זעירות. במאמר זה נתייחס לתחנות טרנספורמציה אלה.

מבנה ה"קיוסק"

ל"קיוסקי" יש שלושה תפקידים:

- מגיעת גישה של עוברי אורח אל הסלול החשמלי הנמצא תחת מתח.
 - מגיעת חשיפתם של עוברי אורח לסכנה, בעת התהוות קשת חשמלית בתחנה.
 - הגנה על הציוד החשמלי מפני השפעת תנאי סביבה כגון: קרינה אולטרה סגולה, גשם, זיהום אוויר וכו'.
- ה"קיוסקי" בנוי מלוחות המיוצרים במבנה שכבות. כדוגמה למבנה השכבות נתבונן בשכבות המרכיבות את הגג (איור 1). הקירות והדלתות של ה"קיוסקי" בנויים במבנה שכבות דומה. תשומת לב מרובה ניתנת להשתלבות ה"קיוסקי" בגוף הסביבתי. לשם כך, העיצוב

יתרונות תחנת טרנספורמציה זעירה

היתרונות של תחנת טרנספורמציה זעירה הן:

- ביחס לתחנת טרנספורמציה עילית
 - * בטיחות רבה יותר לאנשים הנמצאים בקרבת התחנה בעת תקלה.
 - * תיפעול ואחזקה פשוטים ובטוחים יותר.
 - * השתלבות יפה יותר בגוף הסביבתי.
- ביחס לתחנת טרנספורמציה פנימית
 - * תחנה מודולרית גיבון להרכיב אותה במסעות ובמהירות. גורם המהירות חשוב במיוחד בעת, בגלל השימוש הנולך וגובר בחשמל והצורך להקים במהירות תחנות טרנספורמציה.
 - * השטח הנדרש עבור תחנת טרנספורמציה זעירה הוא כפחית מהשטח הנדרש עבור תחנת טרנספורמציה פנימית.

מבנה תחנת טרנספורמציה זעירה

תחנת טרנספורמציה זעירה בנויה משני מרכיבים עיקריים:

- מבנה היצוני המכונה "קיוסקי".
- סלול חשמלי.

מי פלד – מחלקת רתיק, חליב ותפעול, הרשת הארצית, אגף הצרכנות, חברת החשמל

אי גבאי – המחלקה לייצור הצריכה, אגף הצרכנות, חברת החשמל

היצוני של ה"קיוסקי" נעשה בהתייעצות עם אדריכלים. גם ציפוי האבן על הקירות הייצוניים של ה"קיוסקי" מקשה על הדבקת מודעות, ותורם ככך לשיפור פני הגוף הסביבתי.

בניית ה"קיוסקי" במבנה שכבות מקנה לו את היתרונות הבאים:

- עמידות מכנית.
- עמידות אקלימית.
- משקל נמוך.
- כידוד תרמי (כלפי פנים וחוץ).
- כידוד אקוסטי (מגיעת "כריחת רעשים אל מחוץ לתחנה").
- במקרה של שריפה, מונע את התפשטותה אל מחוץ למבנה.



איור 1
מבנה השכבות בגג ה"קיוסקי"

המכלול החשמלי בתחנת

טרנספורמציה זעירה

המכלול החשמלי של תחנת טרנספורמציה זעירה מכיל שלושה חלקים עיקריים (איור 2):

- מסדר מתח גבוה.
- לוח חלוקה ואבטחה במתח נמוך.
- שנאי בהספק של עד 630 קו"א.

מסדר מתח גבוה (איור 3)

מסדר משוריין המכיל ציוד בבידוד נו 50 kV . כתוצאה מכך מתאפשר חיטכון ניכר בשטח הנדרש עבור הציוד.

אם נוצרת קשת חשמלית בזרם גבוה ונוצרים גוים חמים בתוך המסדר המשוריין, הגוים לא נפלטים ישירות החוצה, אלא מופנים לחלל התחנה, ולכן מספיקים להתקרר באופן ניכר לפני יציאתם החוצה דרך מתחי האוויר.



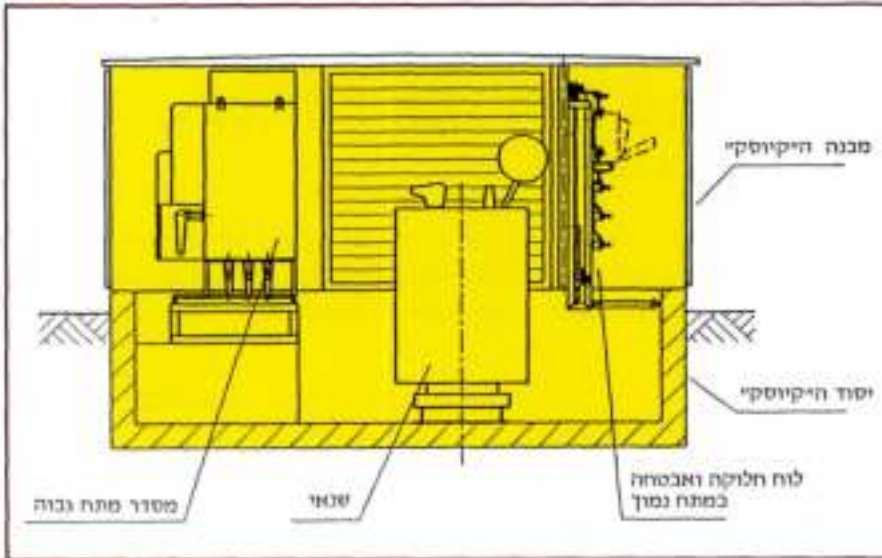
איור 3
מסדר מתח גבוה

לוח חלוקה ואבטחה במתח נמוך (איור 4)

לוח חלוקה ואבטחה קונוונציונלי המתוכנן על ידי חברת החשמל.



איור 4
לוח חלוקה ואבטחה במתח נמוך



איור 2
תחן של תחנת טרנספורמציה זעירה

שנאי בהספק עד 630 קו"א (איור 5)

הספק השנאי בתחנת הטרנספורמציה הזעירה הוא עד 630 קו"א. השנאי בעל בידוד שמן. פיזור החום הנוצר בגלל ההפסדים בשנאי נעשה באיוורור טבעי.

יציאות המתח הגבוה של השנאי מבודדות על ידי סופיות מסוג "שקע תקעי עם מיסוך", במטרה להקטין את הסיכויים להיווצרות קשת חשמלית ביציאות אלה.



איור 5
שנאי בהספק עד 630 קו"א

בדיקות

תחנת טרנספורמציה זעירה שנרכשה על ידי חברת החשמל היא תחנה שעברה בהצלחה את בדיקות הדגם הבאות:

- עמידה באש למשך פרק זמן של לפחות 90 דקות.

עמידה בחום

- חלקי המבנה החיצוניים צריכים לעמוד בפני קורוזיה בסביבה מלחית ובאטמוספירה לחה ומוזהמת. כמו כן הם צריכים לעמוד בפני קרינה אולטרה סגולה.

- הרעש שנוצר בתחנה צריך להיות באותה רמה של הרעש שנוצר בשנאי היגל. אסור שמבנה היקוסקי יסיף על הרעש שנוצר בשנאי.

- עמידה בדרישות תקן פלה (PEHLA), הדורש בדיקה בזרם קצר של לפחות 20 ק"ו לשנייה.

- בבדיקה זו מכבעים קצר בתחנה, ביציאות הכבלים של המתח הגבוה ובדקים את השפעות הקצר.

- למעשה, בבדיקה זו נבדקת השמעת הקשת החשמלית על תחנת הטרנספורמציה הזעירה.

קשת חשמלית

הקשת החשמלית היא תופעה מרכזית שיש להתמודד איתה בעת תיכנון תחנת טרנספורמציה זעירה.

הסכנות המוטנציאליות בעת היווצרות קשת חשמלית הן:

- שיחרור מתאומי של גוים חמים.
 - היווצרות שריפה.
 - ניתוק מכני של חלקים מהתחנה והעפתם.
- הגורמים להיווצרות קשת חשמלית הם למעשה ליקויים בבידוד הנובעים מהסיבות הבאות:

(המשך בעמוד 37)

קוגנרציה – הפקה משולבת של חשמל וחום עקרונית אנרגטיים, טכניים וכלכליים בסיסיים

ד"ר משה הירש

קוגנרציה היא תהליך משולב של הפקת חשמל וחום כאשר החשמל והחום הנוצרים בתהליך נצרכים בריזמית על ידי צרכני אנרגיה. היתרון בתהליך הקוגנרציה הוא השגת יעילות תרמית גבוהה יחסית בהשוואה לתהליכים מקובלים של הפקת חשמל בלבד או חום בלבד לשימוש צרכני אנרגיה. השגת יעילות תרמית פירושה חיסכון בדלק.

בטמפרטורה נמוכה יותר (T_{2c}), החום שנפלט לסביבה הוא חום אבוד שאינו מנוצל לשימוש מועיל כלשהו. בתהליך יצירתו ואספקתו של החום נוצר במקביל פוטנציאל לחץ (גז או קיטור) המאפשר את הגעת המנוע.

איור 3 מציג תזרים אנרגיה כללי אופייני שבו קיימים קשרים בין תזרים האנרגיה של הצרכן ובין תזרים האנרגיה בתהליך הפקת החשמל.

הקשרים מבטאים זרימת אנרגיה שאינה מנוצלת בתזרים תהליך הפקת החשמל אל הצרכן, שם לאנרגיה זו יש שימוש, או להיפך: מהצרכן אל תהליך הפקת החשמל.

צורות העברת האנרגיה יכולות להיות חום או חום ולחץ במשולב. אמצעי העברת האנרגיה יכולים להיות: מים חמים, קיטור בלחץ, גז חם בלחץ, שמן חם, אוויר חם וכו'. השילוב בין התזרימים מהווה דוגמה כללית לקוגנרציה.

תנאים הכרחיים לשילוב

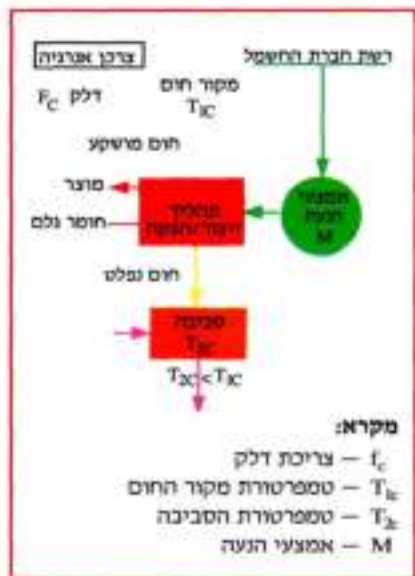
כדי לבצע את השילוב בין תזרים האנרגיה לצרכן ובין תזרים האנרגיה לייצור חשמל דרוש שיתקיימו תנאים הכרחיים מבחינה תרמודינמית, מבחינה טכנית ומבחינה כלכלית.

תנאים הכרחיים מבחינה תרמודינמית

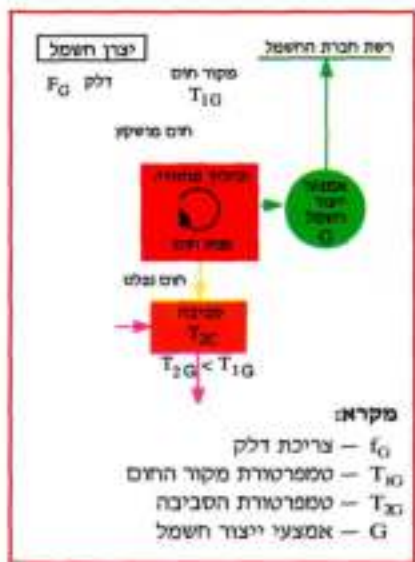
מבחינה תרמודינמית ניתן לבצע את השילוב וההזרמה של אנרגיית חום (ולחץ) מתהליך הפקת החשמל לצרכן, או להיפך, כאשר הטמפרטורה (ופוטנציאל הלחץ) בצד תהליך הפקת החשמל גבוהים מהטמפרטורה (ופוטנציאל הלחץ) בצד הצרכן, או להיפך.

תנאים הכרחיים מבחינה טכנית

- מבחינה טכנית ניתן לבצע את השילוב כאשר:
- האמצעים הטכניים לביצוע השילוב זמינים ועומדים במיגבלות של פעילות ממושכת לאורך זמן.
- אין כל פגיעה בתהליך הפקת החשמל ובתהליכי הצרכן ומוצריו.
- קיים מצאי של מקום להתקנה של מערכת משולבת.



איור 1
תזרים אנרגיה לצרכן



איור 2
תזרים אנרגיה לייצור חשמל

עקרונות כלליים

האפשרויות לשימוש תהליכי קוגנרציה נובעות מהאופי המקובל של צרכני אנרגיה חשמלית ואנרגיה של חום, והאופי המקובל של תהליכי הפקת של אנרגיית חשמל ואנרגיית חום.

קוגנרציה מהי?

כדי להמחיש עקרונית את האפשרויות לשימוש תהליכי הקוגנרציה נתייחס לאיורים 1 ו-2.

איור 1 מציג תזרים אנרגיה כללי אופייני של צרכן כלשהו אשר משתמש באנרגיה לייצור מוצר כלשהו (מוצר תעשייתי, תנאי סביבה מבוקרים – למשל, חימום או קירור וכו'). הצרכן צורך דלק כדי להפיק חום לשימוש בטמפרטורה גבוהה יחסית (T_{1c}). החום שנוצר משריפת הדלק מושקע באמצעים ורמיים: מים, אוויר, שמן, קיטור בלחץ וכו'. חלק מהחום המסופק באמצעים אלה דרוש לצרכן לצורך ייצור המוצר, וחלק אחר נפלט לסביבה, ללא שימוש, בטמפרטורה נמוכה יחסית (T_{2c}). כמו כן, חלק ממוטנציאל הלחץ שנוצר במקביל לייצור החום (למשל, אצל צרכני קיטור) משמש להזרמת הקיטור לצרכן והלק אחר אינו בא לידי שימוש (כתוצאה מהפסדי לחץ לסביבה, הפסדי לחץ בכרוי הצערה "שוברי לחץ" וכו'). לצורך הגעה והפעלה של אמצעי עזר אחרים צורך הצרכן חשמל במקביל.

איור 2 מציג תזרים אנרגיה כללי אופייני של תהליך הפקת חשמל בתחנת כוח. לשם הפקת החום הדרוש לתהליך בטמפרטורה גבוהה יחסית (T_{1G}) נצרך דלק. החום שנוצר משריפת הדלק מסופק למנוע שמבצע פעילות מחזורית. הפעילות המחזורית מאפשרת סיבוב של גנרטור חשמלי שמייצר חשמל. הפעילות המחזורית של המנוע מותנית באספקת חום בטמפרטורה גבוהה יחסית (T_{1G}) ובפליטת חלק מהחום המסופק לו לסביבה.

מ' הירש – מהנדס יועץ,

תחנת מערכות אנרגיה ובקרה

- מוכתמים תנאי בטיחות מתאימים.
- אין פגיעה משמעותית בסביבה.

תנאים הכרחיים מבחינה כלכלית

מבחינה כלכלית ניתן לבצע שילוב כאשר החיסכון הכספי הנובע מהחיסכון הכולל באנרגיה – חשמל ודלק – גבוה מהסך הכולל של ההשקעה הראשונית, הוצאות ההון וההוצאות השוטפות לתיפעול ותחוקה בפרק זמן מוגדר הקצר מאורך חיי המערכת המשולבת.

פרק הזמן שבו מוחזרת ההשקעה מוגדר בהתאם לשיקולים של המממן בהשוואה לחלופות השקעה כספית אחרות בחיסכון והפקת אנרגיה.

נצילות

בתהליך מקובל להפקת חשמל בלבד נוצר גם חום (ופוטנציאל לחץ) שנפלט לסביבה ואינו

תועלת למשק הלאומי

התועלת למשק הלאומי בתהליך משולב להפקת חשמל וחום מתבטאת בצריכה קטנה יותר של דלק מיובא בהשוואה לכמות הדלק הנצרכת להפקת חשמל וחום בהיקפים זהים, אך בתהליכי הפקה וצריכה נפרדים לחשמל וחום.

התועלת לצרכן שמיישם קונגרציה, מבחינת תנאי כדאיות כלכלית, היא שעלות האנרגיה המופקת בתהליך זה (שיקולול של חשמל וחום) תהיה קטנה יותר בהשוואה לתהליכים האחרים.

שיטות טכנולוגיות לקונגרציה

קונגרציה להפקה משולבת של חשמל וחום ניתנת ליישום בשיטות טכנולוגיות שונות כגון:

- מנוע דיזל.
- טורבינת גז.
- טורבינה או מנוע קיטור.
- טורבינת חום שיורי.

מנוע דיזל

ביישום קונגרציה עם מנוע דיזל (איור 4) מופק החשמל באמצעות גנרטור חשמלי המונע על ידי המנוע. במקביל, מופק חום בדרגות שונות של טמפרטורה שמשמש לחימום וזרם לשימוש – מים, אוויר, שמן וכי – ולייצור קיטור.

הזרכים לקבלת החום ושימושי

החום מתקבל בדרכים הבאות:

- **מים חמים** (או כל זורם אחר) בתחום טמפרטורות שבין 40 עד 80 מעלות צלסיוס על ידי קירור אוויר טעינה, שמן מנוע וראש מנוע.
- **קיטור ו/או מים חמים** (או כל זורם שימושי אחר להעברת חום) בתחום טמפרטורות שבין 90 עד 250 מעלות צלסיוס על ידי קירור גזי הפליטה של המנוע, הטמפרטורה של גזי הפליטה מגיעה עד כ-400 מעלות צלסיוס.

ניתן להשתמש במים החמים ובקיטור לתהליכים שונים כגון: מים חמים לשימוש, הסקה, הפעלת מכנת מיווג אוויר בתהליך ספינה, תהליכי חימום שונים בתעשייה ועוד.

דלק להנעה

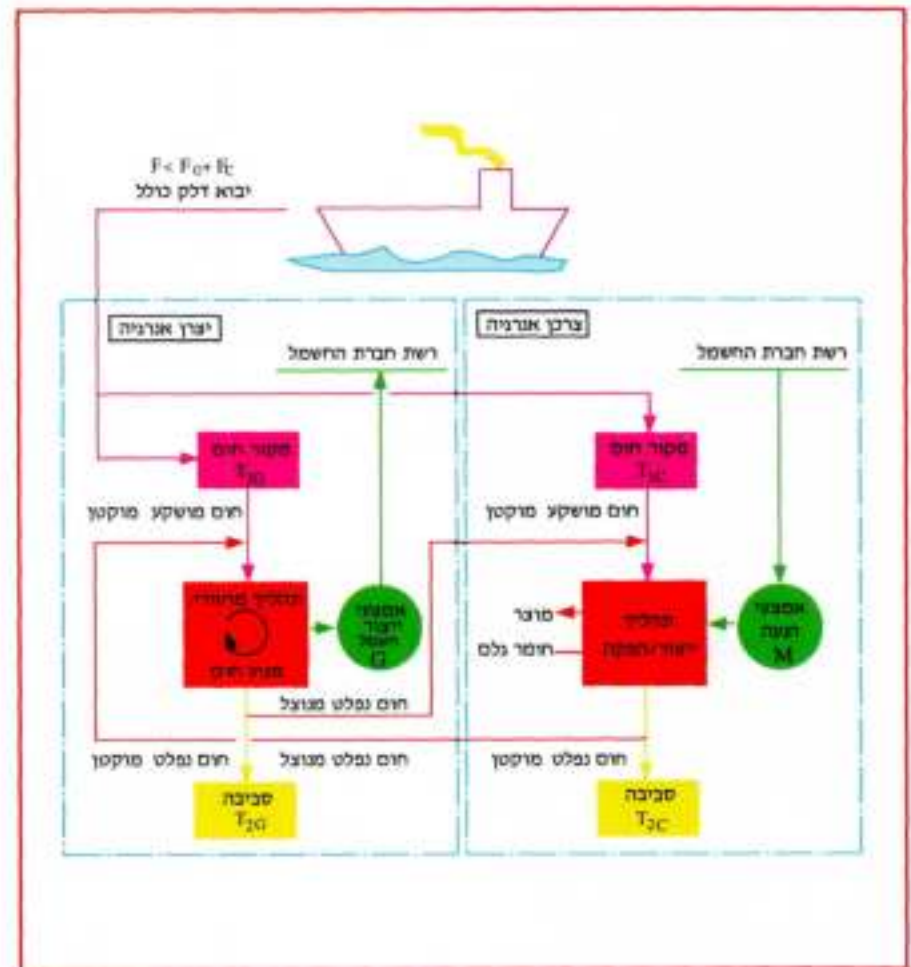
סוגי הדלק המשמשים להנעת מנועי דיזל מנוזלים: סולר, מזוט, גז.

בחירת סוג הדלק מתבנית בומינות הדלק ובכדאיות כלכלית. במנועים קטנים ובינוניים – סדר גודל של עשרות ומאות קילו וואט –

מנועל כתוצאה מכך מתקבלת נצילות תרמית כוללת בשיעור של 40-25 אחוז. נצילות זו מבטאת את היחס בין האנרגיה החשמלית המופקת בתהליך ובין האנרגיה של הדלק הנצרך בתהליך.

לעומת זאת, בתהליך קונגרציה, שבו מנועל חלק מהחום (ופוטנציאל הלחץ), שאינו מנועל בתהליכים המקובלים, מתקבלת נצילות תרמית כוללת בשיעור של 50-85 אחוז. נצילות זו מבטאת את היחס בין הסך הכולל של האנרגיה החשמלית והאנרגיה של החום המנועל בתהליך ובין האנרגיה של הדלק הנצרך על ידי התהליך.

בתהליך המקובל להפקת חום בלבד נוצר לעיתים פוטנציאל עודף לחץ ו/או חום שיורי שנפלט לסביבה ואינו מנועל. לעומת זאת, בתהליך קונגרציה חלק מפוטנציאל עודף הלחץ ו/או החום השיורי מנועל להפקת חשמל.



איור 3
תזרים אנרגיה משולב (קונגרציה)

ניתן להשתמש בסולר או בנו. במנועים גדולים יותר – החל מסדר גודל של כ-1 מגוואט – ניתן להשתמש גם במנוע.

נצילות

נצילות מנוע דיזל להפקת חשמל בפעולה רגילה (ללא קונגרציה) היא בסדר גודל של 35-40 אחוז. לעומת זאת, הנצילות של תהליך קונגרציה על בסיס מנוע דיזל היא בתחום של 55 עד 85 אחוז. הנצילות מותנית באפשרויות ניצול החום הזמין מהמנוע על ידי הצרכן.

טורבינת גז

עקרון הפעולה של טורבינת גז מתואר באיור 5. אוויר נשאב מהסביבה על ידי מרחס ונחם לתא השריפה. כמות המרחס הודחסת את האוויר הן צנטריפוגליות, ציריות או משולבות.

לתא השריפה מוזרק דלק. התערובת של דלק ואוויר דחוס ניתנת וכתוצאה מכך מתקבלת להבה שמעלה את הטמפרטורה של גזי השריפה – תערובת האוויר הדחוס והדלק הדחוס – לסדר גודל של 800-1,000 מעלות צלסיוס.

גזי השריפה מתפשטים בטורבינה מלחץ גבוה וטמפרטורה גבוהה ללחץ נמוך יותר – קרוב ללחץ הסביבה. כתוצאה מההתפשטות מועברת אנרגיה תרמית מהגזים לטורבינה. אנרגיה זו מומרת בטורבינה לאנרגיה מכנית שמסובבת את הטורבינה ואת המרחס המחובר לטורבינה באמצעות ציר סיבוב.

עודף האנרגיה, שהוא ההפרש בין האנרגיה המכנית המופקת על ידי הטורבינה ובין האנרגיה המכנית המושקעת במרחס, מופנה לסיבוב גנרטור חשמלי ולייצור חשמל.

הזרמים לקבלת החום ושימושי

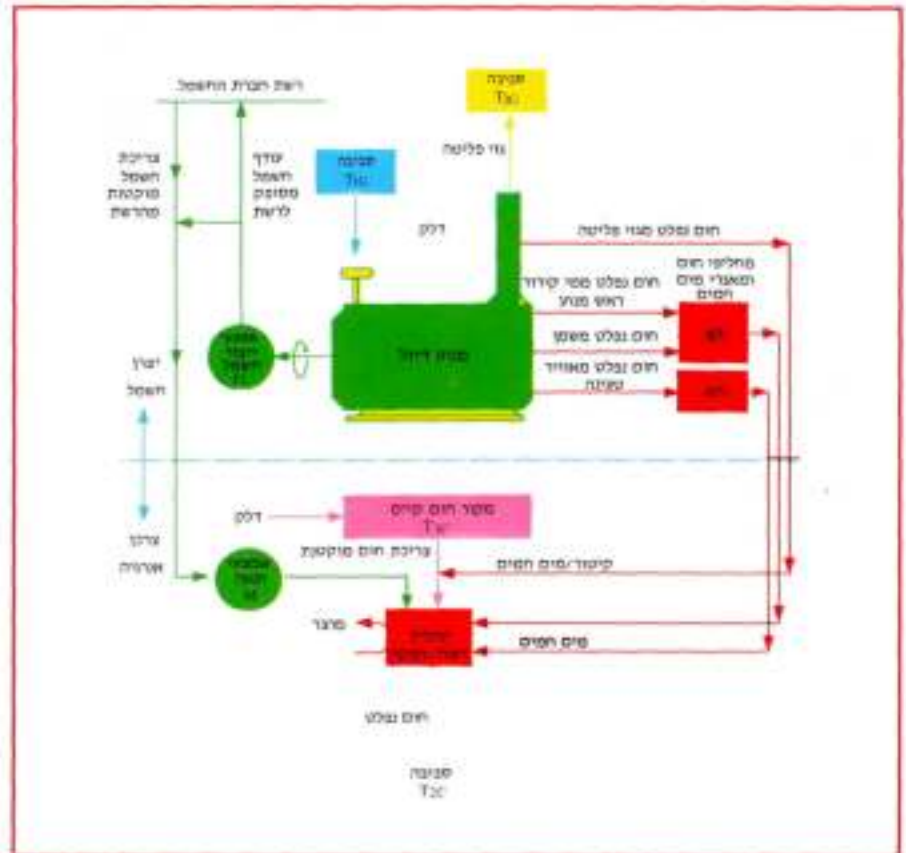
גזי הפליטה מהטורבינה הם בטמפרטורה גבוהה – 400-600 מעלות צלסיוס. בתהליך המקובל הגזים נפלטים לסביבה. בתהליך קונגרציה מנוצל חלק משמעותי מאנרגיית החום של גזי הפליטה לחימום זורמים – מים, שמן, גזים, אוויר – או לייצור קיטור.

באנרגיה המתקבלת בתהליך ניתן להשתמש למטרות שונות: מים חמים לשימוש, חימום מבנים ותהליכים, הפעלת מכונות קירור בספינה (לקירור תהליכי או למיזוג אוויר), לאספקת קיטור לדגה של טורבינת קיטור, לשם הפקת תוספת חשמל וכו'.

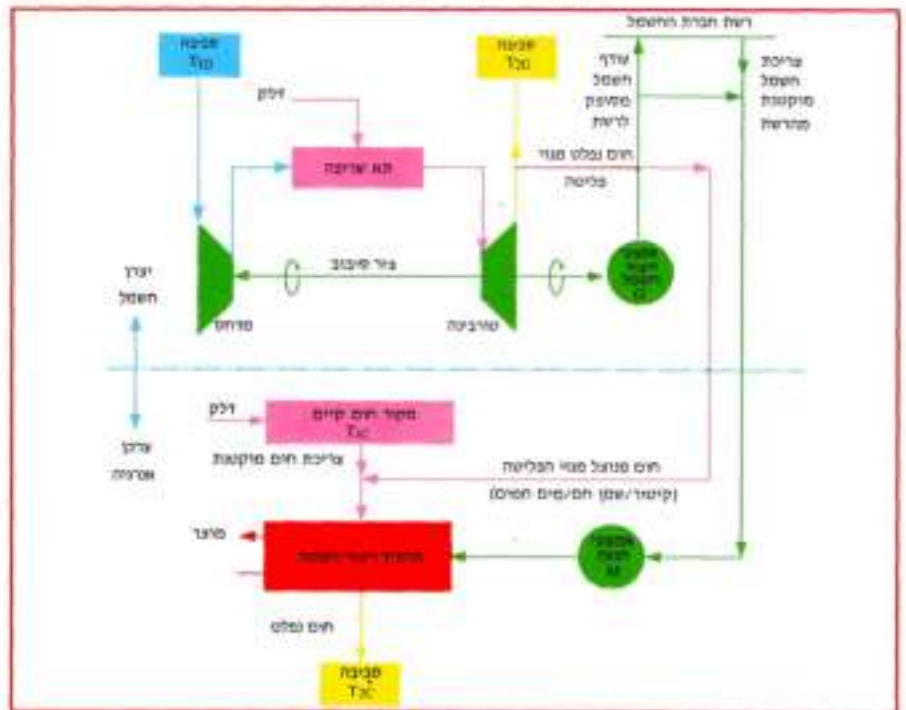
דלק להנעה

סוגי הדלק המשמשים להנעת טורבינת הגז הם נפט, סולר, מוטי וכו'.

בחירת סוג הדלק מותנית בזמינות הדלק ובכדאיות כלכלית. במנועים קטנים ובינוניים – סדר גודל של עשרות ומאות קילו וואט – ניתן להשתמש בסולר או בנו. במנועים



איור 4 קונגרציה באמצעות מנוע דיזל



איור 5 קונגרציה באמצעות טורבינת גז

כוח הממוקמות סמוך לחוף הים מקובל לפלוט את החום למי הים בתהליך עיבוי הקיטור. טורבינה המשמשת בתהליך זה היא מסוג "טורבינת עיבוי".

הדרכים לקבלת החום ושימושי

לעומת התהליך המקובל, המתואר לעיל, הרי שבתהליך קונגרציה מנוצל הקיטור היוצא מהטורבינה, לתהליכים שונים הנדרשים לצרכן – אספקת קיטור בלחץ נמוך, סים חמים, הפעלת מכונות ספינה לקיטור/מיווג אוויר, הסקה וכו'. עיבוי הקיטור למים נעשה בתהליכי הצרן, ולפיכך החום המשתחרר מהקיטור אינו נפלט לסביבה אלא מנוצל על ידי התהליכים. היות שלחץ היציאה של הטורבינה חייב להיות מספיק גבוה בכדי לעמוד בדרישת לחץ אספקת קיטור לצרכן, תהיה טורבינת הקיטור מסוג "טורבינת לחץ נגדי".

יישום טורבינת קיטור בתהליך קונגרציה רלוונטי גם לצרכנים אשר להם נדרש קיטור בלחץ נמוך יחסית ואשר אמצעי ייצור הקיטור מספקים קיטור בלחץ גבוה המוקטן באמצעות אמצעי הצנרה ("שובר לחץ"). התקנת טורבינת קיטור במקום "שובר לחץ" מאפשרת המרת הפסד הלחץ ב"שובר הלחץ" לאנרגיה מעילה מהטורבינה.

נצילות

הנצילות של מערכת טורבינת קיטור להפקת חשמל בפעילות רגילה (ללא קונגרציה) היא בסדר גודל של 30-40 אחוז. לעומת זאת, הנצילות של תהליך קונגרציה על בסיס מערכת טורבינת קיטור היא בתחום של 50 עד 80 אחוז. הנצילות מותנית באפשרויות ניצול החום הזמין מהמנוע על ידי הצרכן.

יש לציין שהנצילות להפקת חשמל של טורבינה בתהליך קונגרציה מסוג "לחץ נגדי" נמוכה יותר מהנצילות להפקת חשמל של טורבינה מסוג "עיבוי" בתהליך מקובל להפקת חשמל עבור תנאי לחץ וטמפרטורה והים בכניסה לטורבינה.

הסיבה לכך היא שבדרך כלל לחץ היציאה מ"טורבינת עיבוי" נמוך יותר מלחץ היציאה מ"טורבינת לחץ נגדי", ולפיכך "טורבינת עיבוי" פועלת במפל לחץ גבוה יותר. עם זאת, על ידי שילוב אופטימלי עם הצרכן מגיעים להעלאה של הנצילות הכוללת ולחיסכון בדלק. האמור מתבטא בערכים האופייניים המוצגים בדוגמה הבאה:

- מערכת עם "טורבינת עיבוי":
נצילות לחשמל – 30%-40%
- מערכת עם "טורבינת לחץ נגדי":
נצילות לחשמל – 10%-20%
נצילות כוללת – 50%-80%

בטורבינה בלחץ ולטמפרטורה נמוכים יחסית, כתוצאה מכך מאבד הקיטור מהאנרגיה הפנימית שלו. אנרגיה זו מוסרת בטורבינה מאנרגיה של חום ולחץ לאנרגיה מכנית הנורמת לסיבוב הטורבינה. הטורבינה מניעה גרסור חשמלי המייצר חשמל.

בתהליך המקובל, שבו סופק חשמל בלבד, נהוג לקרר את הקיטור לטמפרטורה קרובה ככל האפשר לטמפרטורה של הסביבה ולעבות אותו במעבה המים שנוצרים כתוצאה מהעיבוי בלחץ נמוך מוזרמים באמצעות משאבה אל דוד קיטור בלחץ גבוה. הקיטור שנוצר בדוד הקיטור כתוצאה משריפת הדלק חוזר אל הטורבינה. כך נוצר מחזור סגור. החום שמתחרר בתהליך עיבוי הקיטור נפלט לסביבה ואינו מנוצל. בתרחת

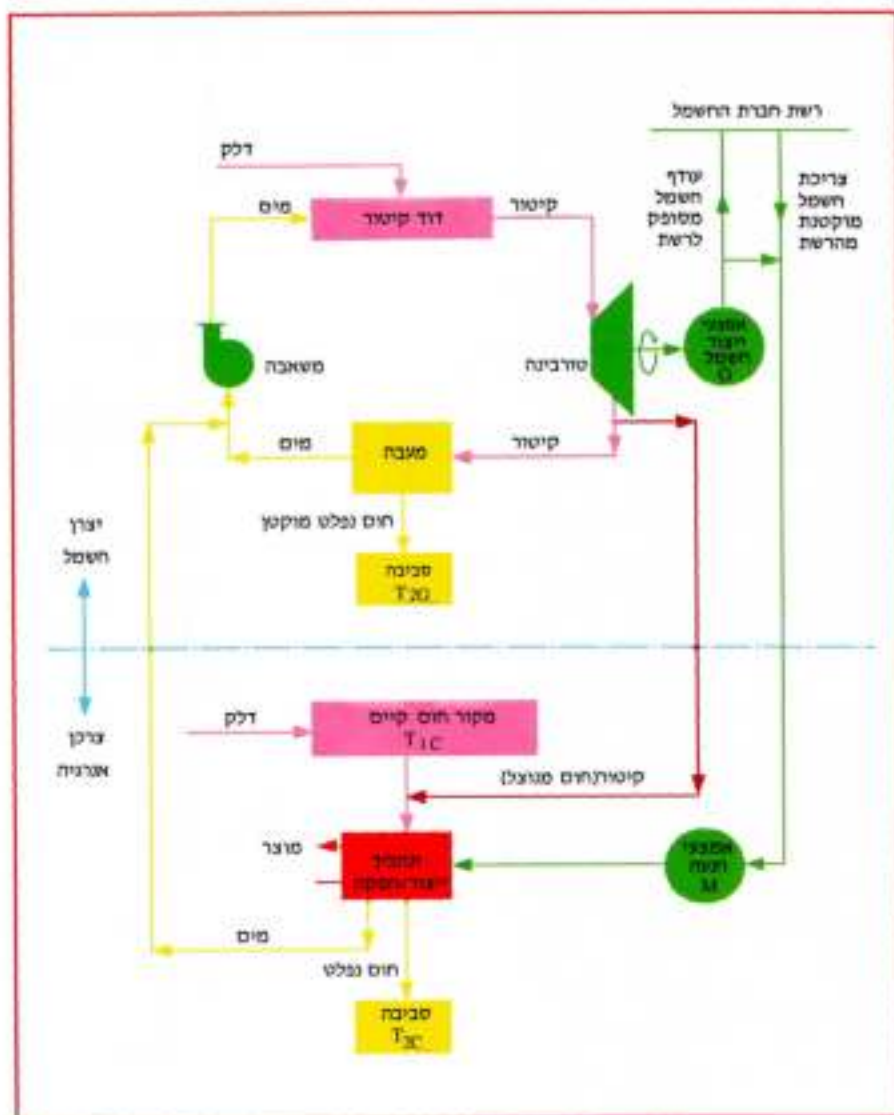
גדולים תעשייתיים – סדר גודל של מספר מנוואט – ניתן להשתמש גם במזוט לאחר טיפול מיוחד.

נצילות

הנצילות של טורבינת זו להפקת חשמל בפעילות רגילה (ללא קונגרציה) היא בסדר גודל של 20-30 אחוז. לעומת זאת, הנצילות של תהליך קונגרציה על בסיס מנוע טורבינת זו בתהליך קונגרציה היא בתחום של 50 עד 80 אחוז. הנצילות מותנית באפשרויות ניצול החום הזמין מהמנוע על ידי הצרכן.

טורבינת קיטור

עקרון הפעולה של טורבינת קיטור מתואר באיור 6. קיטור שנמצא בתנאי לחץ וטמפרטורה גבוהים יחסית מתפשט



איור 6 קונגרציה באמצעות טורבינת קיטור

טורבינת חום שיורי

בשיטה זו (תרשים 7) מונעת טורבינת במחזור תרמי נפרד, שבו מסוחרר חומר עבודה המתפשט במצב צבירה גזי מלחץ גבוה ללחץ נמוך, הופך לנוזל בלחץ נמוך תוך כדי מליטת חום בטמפרטורה נמוכה לסביבה, נשאב במצב נוזלי ללחץ גבוה, מתחמם בלחץ גבוה ומתאייד בטמפרטורה גבוהה יחסית לתוצאה מהתחממות, וחוזר אל הטורבינה.

הדרכים לקבלת החום ושימושו

כמקור חום לשם איור נזל העבודה בלחץ ובטמפרטורה גבוהים יחסית משמש חום שנפלט מתהליכי הצרן. ללא יישום של קונגרציה, היה נפלט חום זה לסביבה ללא שימוש.

נצילות

הנצילות של טורבינת חום שיורי נמוכה יחסית – עד כ-10 אחוזים – בגלל היותה

מהלכי צריכת האנרגיה החשמלית של הצרן כתלות בשעות היממה וחודשי השנה – פרופיל צריכת החשמל.

מהלכי צריכת אנרגיית החום של הצרן ברמות טמפרטורה שונות ובאמצעות זורמי השעת חום – קיטור, מים חמים, שמן חם, אוויר חם וכו' – כתלות בשעות היממה וחודשי השנה – פרופיל צריכת החום.

קביעת אפשרויות לחיסכון ושיפור הפרופילים של צריכת האנרגיה אשר כדאיים במיוחד ליישום בהשוואה לקונגרציה – השקעה ו/או החזר השקעה נמוכים יחסית.

קביעת סוגי הטכנולוגיה למערכת הקונגרציה הרלוונטיים לאור מהלכי צריכת האנרגיה ואפשרויות החיסכון לעיל.

מאזן אנרגטי בין מערכת הקונגרציה ובין הפרופילים של צריכת האנרגיה. רצוי שהמאזן האנרגטי יתבצע עבור גדלים שונים של המערכת בסוגים שונים של טכנולוגיות רלוונטיות. תוצאות המאזן יתנו מידע לגבי:

★ גודל המערכת המתאים ביותר מבחינה אנרגטית.

★ שיעורי צריכת האנרגיה מהמערכת.

★ שיעור עודפי החשמל המיוצרים על ידי המערכת ואינם נצרכים על ידי הצרן.

את העודפים האלה ניתן ליעד למכירה לרשת החשמל הארצית של חברת החשמל, מוטנה בעמידה בקריטריונים של משרד האנרגיה ושל חברת החשמל.

מאזן כלכלי אשר יציג הכנסות ברוטו, הוצאות, הכנסות נטו, ניתוחי כדאיות ובחירת גודל מערכת הקונגרציה האופטימלית מבחינה כלכלית.

★ מקורות ההכנסה

כוללים את עלות החשמל הנחשך מסל הצריכה של הצרן ואת עלות החשמל הגמכר לרשת חברת החשמל (עלויות אלה מבוססות על תעריפי הצריכה והמכירה) ואת עלות הדלק הנחשך לשימוש בדודי הצרן.

★ ההוצאות

כוללות את עלויות הדלק הנצרך על ידי מערכת הקונגרציה. שכן, תחזוקה, השקעה והוצאות המימון. הכנסות נטו יציגו את ההפרש שבין ההכנסות ברוטו להכנסות נטו בתקופת זמן מוגדרת (אורך חי הפרוייקט או זמן שרירותי אחר).

★ ניתוחי הכדאיות הכלכלית

יציגו את משך החזר השקעה, מחיר יחידות אנרגיה חשמלית ותרומת מיוצרת

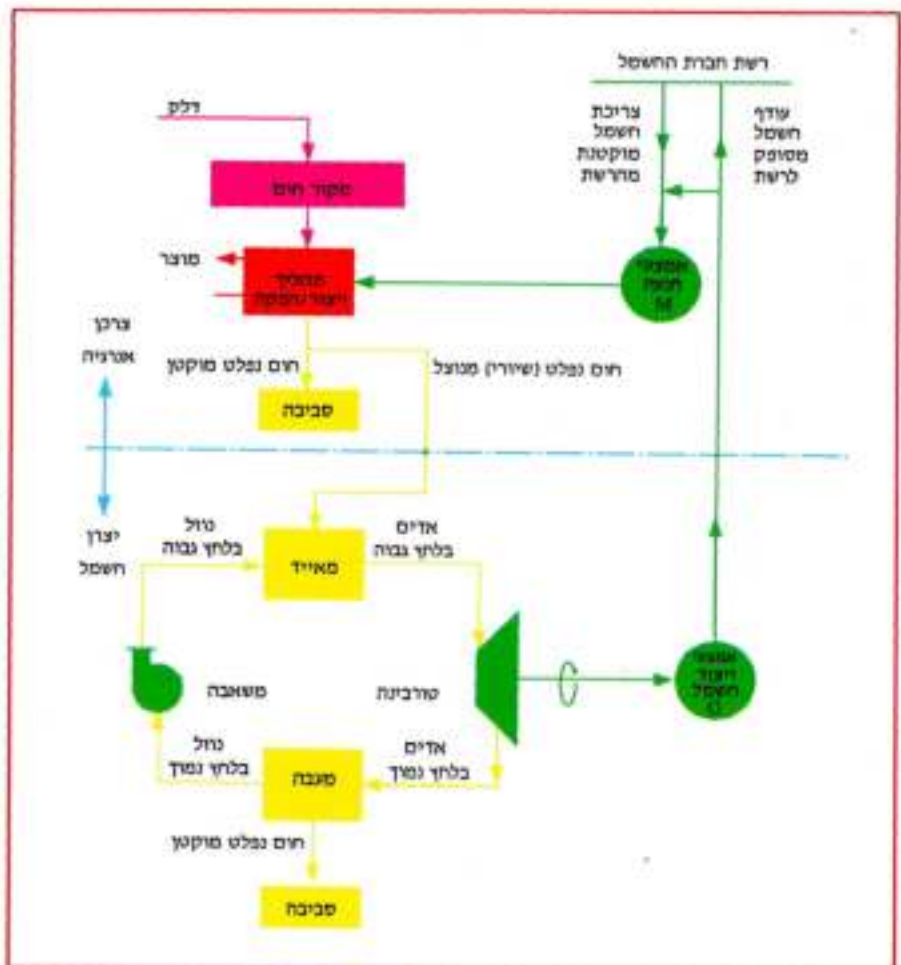
פעילה בטווח טמפרטורות קטן בהשוואה למנועים אחרים. עם זאת, ניתן למצוא תהליכים רבים שבהם משתלם כלכלית ליישם שיטה זו. הנצילות מותנית במספרי פעילות הצרן, שיעורי מליטת החום ורמות הטמפרטורה שבהן הוא נפלט מתהליכים, מחירי דלק וחשמל וכו'.

מאזן אנרגטי וכלכלי – ניתוח טכני

יישום מוצלח של פרויקט קונגרציה מתבטא בחיסכון בדלק בטווח ארוך שמביא לחיסכון כספי הגבוה מההוצאה הנדרשת וכן ליתר אמינות באספקת האנרגיה.

כדי להביא ליישום מוצלח של פרויקט קונגרציה יש לבצע מאזן אנרגטי, מאזן כלכלי ומאזן משולב וכן ניתוח טכני.

המשתנים הבאים יוגדרו על ידי ממציא המאזן האנרגטי-כלכלי והניתוח הטכני:



איור 7 קונגרציה באמצעות טורבינת חום שיורי

ונצרכת בחיזון לתקופת זמן מוגדרת, ערך נוכחי נקי לאורך חיי הפרוייקט או לתקופת זמן מוגדרת אחרת.

מוסלף לבצע את הניתוח עבור גדלים שונים של מערכת קונגרציה כאשר לוקחים בחשבון אי ודאויות בעלויות, ריבית על ההון וכו'.

* בחירת הגודל האופטימלי של המערכת מבחינה כלכלית

הגודל האופטימלי מותנה בהגדרה של המשתנה האגרנטי או הכלכלי הרצוי: צריכת אנרגיה חשמלית מירבית, צריכת אנרגיה תרמית מירבית, משך החזר השקעה הקצר ביותר, ערך נוכחי נקי הגבוה ביותר, מחיר יחידת אנרגיה הנמוך ביותר למקד זמן מוגדר וכו'.

יש לציין שברוך כלל אין זהות בין גדלים שנבחרים, כל אחד, על בסיס משתנה אגרנטי או כלכלי שונה. כמו כן, לעיתים קיימת זהות בין גודל אופטימלי מבחינת המשק הלאומי ובין גודל אופטימלי מבחינת הצרכן הפרטי.

- ניתוח טכני מתוך מטרה להבטיח תאימות בין מערכת הקונגרציה למבנים ולמיתקנים של הצרכן ורשת החשמל, עמידה בקריטריונים של איכות הסביבה, שירות ואחזקה, בטיחות וכו'.

נתונים כלכליים בסיסיים

עלות ההקמה של פרוייקט קונגרציה היא בתחום של 600-1,500 דולר לכל קילו וואט מותקן. העובדה שהעלות היא בתחום רחב נובעת מסוג היישום הספציפי ומהאמצעים הטכניים הנדרשים לשילוב הטכנולוגיה בתהליכים, וכן מגודלו של הפרוייקט.

החזר השנתי כתוצאה מאספקת חשמל וחום, כתוצאה מחיסכון בחשמל הנצרך מחברת החשמל או חשמל הנמכר לרשת החשמל הארצית ולאחר ניכוי ההוצאות השוטפות לאחזקה (ללא ניכוי הוצאות הניתות) עשוי לנוע בתחום של \$/קילו 150 וקילו וואט ועד ל-\$/קילו 300 וקילו וואט עבור פעילות בתקופה של 4,000-8,000 שעות בשנה ובריצימת גבוהה יחסית.

כלומר, מדובר בהחזר שנתי יחסי להשקעה הראשונית (ההון) בסדר גודל של 15-50 אחוז. הגודל המיזערי המקובל הוא בהיקף של עשרות קילו וואט.

משך החיים של פרוייקט עשוי להגיע ל-20 שנה, ולכן בראייה לטווח בינוני וארוך הפרוייקט עשוי להיות כלכלי אם מתקיימים התנאים המתאימים לפעולתו ולהשתלבותו בתהליך/מבנה, ופעולתו לאורך זמן בריצימת.

המצב בעולם ובארץ

היתרונות שנסקרו לעיל הביאו מדינות רבות לגיבוש תוכניות בנושא קונגרציה וליישום מערכות אלה במשק החשמל שלהן. הדבר בא לידי ביטוי במתן אפשרויות לבעלי הפרוייקטים להתחבר לרשת החשמל הקיימת ולמכור עודפי חשמל, וכן בהענקת מענקים כספיים כסיוע לביצוע מחקרי אנרגיה/סקרי היתכנות טכני-כלכליים ולהקמת הפרוייקטים.

סקירה כללית

במדינת קליפורניה בארה"ב, לדוגמה, הוכרה חשיבות הנושא עוד בשנות ה-70 המאוחרות, וכבר אז הוגדר נושא הקונגרציה כענף משמעותי בתוכנית החשמל של המדינה עם בסיס ליישום אלפי מגואט. ואכן, במשך שנות ה-80 הוקמו פרוייקטים בהיקף של אלפי מגואט: בסדרי גודל קטנים – 50 קילו וואט – למרכזי קניות קטנים, מוטלים וכו'; בסדרי גודל בינוניים – מאות קילו וואט ומגואט בודדים – לבתי מלון גדולים, מרכזים רטאיים, קמפוסים וכו'; ובסדרי גודל גדולים – עשרות מגואט – בתעשיות גדולות. עם זאת, יש לציין כי מרבית היישומים הם באמצעות גז טבעי המצוי בשפע ובזול שמאפשר הקמה ותפעול בכדאיות כלכלית אטרקטיבית.

בישראל קיימים מספר יישומים כבר משנות ה-70. מדובר בעיקר בפרוייקטים גדולים – היקף של מגואטים בודדים ועשרות מגואט – אשר נועדו לפתור את בעיות צריכת החשמל הגבוהה במיוחד ולשמר את אמינות אספקת האנרגיה במספר מפעלים גדולים. פרוייקטים אלה פועלים על בסיס דויד קיטור בלחץ גבוה וטורבינות קיטור. החשמל המיוצר בהם מסופק בעיקר לצריכה מקומית. עודפי החשמל מסופקים לרשת חברת החשמל בתמורה כספית בהתאם לתעריפי יצרן חשמל פרטי. הדוגמאות הן מפעלי ים המלח, בתי היקוק, מפעלים אלקטרוכימיים (פרוסארום).

בשנים האחרונות הוקמו גם מספר פרוייקטים בגדלים קטנים יחסית – כל אחד בסדר גודל של מאות קילו וואט. האחד – על בסיס טובינת חום שיורי, והשאר – על בסיס קיטור. פרוייקט נוסף, על בסיס דויד בהיקף של כ-1.2 מגואט, נמצא עתה בשלבי הקמה במפעל עתיר אנרגיה (ראה דוגמה להלן). פרוייקטים אלה הוכרו כמיתקני הדגמה וזכו לתמיכת משרד האנרגיה והתשתית במסגרת הכרה רשמית כוללת בנושא (מטעם משרד האנרגיה וחברת החשמל) כענף מוכר לייצור חשמל בתהליכי קונגרציה אשר נובע בשנות ה-80. הכרה ייעודית לכל פרוייקט ופרוייקט מותנית בעמידה בקריטריונים כלכליים לצרכן ולמשק הלאומי ובקריטריונים טכניים ובטיחותיים לרשת החשמל ולצרכן.

בישראל קיים פוטנציאל ליישום קונגרציה בהיקף רחב בהרבה מההיקף המיושם כיום על בסיס כלכלי למשק הלאומי. הרחבת היישום במידה משמעותית מותנית באפשרויות ההתאמה מבחינה טכנית וכלכלית לתהליכים הקיימים או החדשים ובמידת התמיכה של המשק הלאומי בצרכנים הפוטנציאליים באופן שהכדאיות להשקעה מבחינתם תהיה אטרקטיבית.

עם זאת, מידת המורכבות עדיין גדולה והיא נובעת בעיקר מאילוצים בזמינות דלקים ואילוצים תקציביים או העדפות בהשקעות של צרכנים פוטנציאליים.

זמינות דלקים:

בהתייחס לסוגי הדלקים המצב הוא:

■ גז טבעי

המצאי של גז טבעי זול נמוך יחסית. עובדה זו גורמת לפוטנציאל קטן או אף אפסי בשימוש במערכות קטנות יחסית – סדר גודל של עשרות קילוואט.

■ סולר

מחיר הסולר גבוה יחסית. עובדה זו פוסלת אותו, מבחינה כלכלית, לשימוש במערכות קטנות יחסית – עשרות קילו וואט – למעט במקרים שבהם השימוש הנוכחי הוא בסולר בלבד, או כאשר ניתן לשלב טורבינת קיטור או מנוע קיטור במקום ברו הצערה במערכת הקיטור. במיגור זה קיים פוטנציאל למגנעי דויד אם קיימת דרישה יחסית גבוהה למים חמים ולקיטור – למשל, בקיבוצים, במחנות צבא וכו', או לטכנולוגיות אחרות, אם קיימת דרישה יחסית גבוהה לקיטור.

■ מזוט

שימוש במזוט מאפשר פרוייקטים כלכליים רק החל מסדר גודל של 1 מגואט ויותר לחשמל ולחום, עבור טכנולוגיות של מנועי דויד, טורבינות גז תעשייתיות ומערכות של טורבינות/מנועי קיטור. כמו כן קיים פוטנציאל ליישום טורבינות קיטור במקום ברוי הצערה במערכות קיטור קיימות – מותנה באפשרויות השילוב לחצי עבודה, פרופיל צריכת הקיטור וכו'. במיגור זה קיים פוטנציאל במפעלי מזון, טקסטיל, נייר, מרכזים רטאיים, בתי מלון גדולים, מחנות צבא גדולים וכו'. כמו כן קיים פוטנציאל לריכוז תעשייה עתידית אגרנית חום. עם זאת, יישום בריכוזים אלה מחייב הערכות והתאמה מבחינה טכנית והתחשבות עם כל אחת מהתעשיות, דבר המצריך טיפול מיוחד.

■ פחם

שימוש בפחם רלוונטי למערכות בסדרי גודל של עשרות מגואט ומעלה. למיגור זה

משתייכים מפעלים גדולים במיוחד בתעשיות המהצבים והכימיה – לדוגמה, מפעלי ים המלח – או אזרחי תעשייה, עם כל הכרוך בטיפול בהתאמה טכנית והתחשבות עם כל אחת מהתעשיות.

אילוץ תקציביים

מבחינת אילוץ תקציביים והעדפות בהשקעות קיימת בעיה לגבי מרבית הצרכנים הקטנים והבינוניים – סדר גודל של ההספק הנדרש הממוצע הוא בתחום של מאות עד אלפי קילו וואט חשמל וחום. הבעיה היא שההשקעה הראשונית, בדרך כלל, גבוהה יחסית, עובדה המכתובה משך החזר בתחום של 3-10 שנים אף אם הפרוייקט ריווחי בטווח ארוך (15-20 שנה).

בהיבט של המשק הלאומי הרי שההשקעה כדאית. בהיבט של ההשקעה הפרטית, ייתכן שהצרכן יעדיף אספקת השקעה אחרים, אם בכלל. מימצא זה מעריך מדיניות של תמיכה ציבורית משמעותית בפרוייקטים כלכליים מבחינת המשק הלאומי, כאשר הודאות לגבי תיפועים הממושך בעילות גבוהה אינה מוטלת בספק.

תמיכה ציבורית בישראל

התמיכה הציבורית קיימת בשני מישורים:

- תמיכה בהשקעה הראשונית.
- מכירת עודמי חשמל לרשת חברת החשמל.
- תמיכה כספית בהשקעה הראשונית (תיכונן והקמה)

כמקורות תמיכה ציבורית ניתן לציין בעיקר את משרד האנרגיה, האגף לשימור אנרגיה ואת חברת החשמל, אגף הצרכנות, במסגרת פעילותו בתחום ייעול משק החשמל על פי מדיניות משותפת של חברת החשמל ומשרד האנרגיה. כמו כן ניתן לציין את משרד המסחר והתעשייה בהתייחס למיגור התעשייתי כחלק ממדיניותו בתמיכה במפעלים יצרניים בכלל, ותעשיות ייצוא בפרט.

■ תמיכת משרד האנרגיה

התמיכה מתבטאת באחוז סוגר מעלות הפרוייקט. התמיכה מותנית, בין השאר, בכלכליות למשק הלאומי על פי קריטריונים מוגדרים, המפורטים בעלונן האגף לשימור אנרגיה, בגודל הפרוייקט ובזמינות התקציבית.

■ תמיכת חברת החשמל

התמיכה מותנית, בין השאר, בעמידה בקריטריונים של כדאיות כלכלית, המפורטים בדפי המידע ליהלואות או מענקים לפרוייקטים להסעת עומסים משעות שיא הביקוש לחשמל לשעות השפל. לפרוייקטים לחיסכון בחשמל ולפרוייקטים לקונרציה.

■ תמיכת משרד המסחר והתעשייה

התמיכה מותנית, בין השאר, בעמידה בקריטריונים אנוגטיים/כלכליים של האגף לשימור אנרגיה במשרד האנרגיה והתשתית וכן בקריטריונים המתייחסים למיגור התעשייתי הספציפי.

מכירת עודמי חשמל לרשת חברת החשמל

נוסף לאמור לעיל, יש לציין את מתן האפשרות לפרוייקטים לספק עודמי חשמל לרשת החשמל הארצית בתמורה כספית על פי תעריפי ייצוג חשמל פרטי במקביל לאספקת חשמל וחום לצרכן האנרגיה. אפשרות זו ניתנת הדדית על ידי חברת החשמל ומשרד האנרגיה על בסיס עמידה בקריטריונים רלוונטיים ליצרני חשמל פרטיים, כמפורט בעלון ייצוג החשמל הפרטי.

נדגיש שאפשרות זו ניתנת בתנאי שהפרוייקט הוקם ללא הסיוע הכספי של חברת החשמל.

הצגת פרויקטים

להלן סקירה של שני פרויקטים בעלי פוטנציאל כלכלי לצרכן ולמשק הלאומי.

- מערכת קונרציה על בסיס מנוע דיזל.
- פרויקט רעיוני עם תמיכה של חברת החשמל.

בסקירה מוצג הפוטנציאל האנוגטי-כלכלי וכן אופן יישום מדיניות התמיכה הציבורית כפי שתואר לעיל.

מערכת קונרציה על בסיס מנוע דיזל

מערכת קונרציה, על בסיס מנוע דיזל מיועדת להקמה בחודשים הקרובים ביי.ק.א.ג. מפעל הטקסטיל לצביעה ואספורה שצמצא באחוז התעשייה בראשון לציון. באיור 8 מוצג תזרים האנרגיה עם שילוב מערכת הקונרציה במפעל.

תיאור הפרוייקט

על פי התיכונן, ההספק המותקן, של המערכת יהיה כ-1.2 מגואט חשמל וכ-1.1 מגואט חום לניצול.

חלק מהחשמל ייצרך על ידי המפעל. החלק העודף יסופק לרשת החשמל הארצית של חברת החשמל במתח גבוה, כאשר התמורה תהיה על פי תעריפי תעריף ליצרני חשמל פרטיים.

הרווח המופק ישמש לאספקת מים חמים בטמפרטורה של 40-80 מעלות צלזיוס וקיאור רווי יבש בלחץ של 8 אטמוספירות.

המערכת מתוכננת למעול ולספק אנרגיה במשך למעלה מ-5,000 שעות בשנה.

החיבור לרשת החשמל הארצית ייעשה באמצעות שנאי במתח גבוה (22kV/400V).

מערכת מנייה במתח גבוה – עבור חשמל שנצרך מרשת וחשמל שנמכר לרשת – ומערכות סינכרון והגנה בפני קצר, חוסר מתח, מתח יתר וזרם חוזר. החיבור למפעל ייעשה באמצעות לוח חלוקה במתח נמוך ומערכת הגנה.

החיבור למערכת המים החמים במפעל ייעשה באמצעות מחליפי חום, אשר ימירו חום מאוויר טעינה, ממי קירור ראש מנוע ומשמן מנוע, ובאמצעות מאגר מים חמים ייעדי לפרוייקט. החיבור לקו אספקת קיאור למפעל ייעשה באמצעות מערכת מחלל קיאור אשר תמיר חום מגזי הפליטה של המנוע.

מערכת בקר מתוכנת תבקר באופן אוטומטי את ההפעלה ממצב דומם, את הפעילות הרצופה ואת ההדמסה, תוך התחשבות בהגבלים בטיחותיים במערכות החשמל והחום, דרישות סינכרון ויציבות, דרישות אספקת חשמל למפעל ולרשת חברת החשמל, דרישה למים חמים בטמפרטורות שונות ולקיאור.

בעת פעילות תקינה של המפעל ורשת החשמל הארצית יפעל המנוע בעומס מלא. הנצילות חזויה להגיע לתחום של 76-83 אחוז – כ-39 אחוז להפקת חשמל וכ-37-44 אחוז לחום. במצב חירום, המוגדר על ידי הפרעות ברשת החשמל הארצית אשר אינן בסינכרון או כירידת הפעילות במפעל, יפעל המנוע בעומס חלקי בנצילות נמוכה יותר.

תועלת

- ייצור חשמל, כ-6 מיליון קוטי"ש לשנה.
- חיסכון למשק הלאומי בייבוא דלק נוזלי. כ-800 טון לשנה.
- היחס בין הערך הנוכחי של התועלת לאורך חיי הציוד המותקן במסגרת הפרוייקט לבין ההשקעה בפרוייקט גבוה מ-1.2.

תמיכה ציבורית

הפרוייקט, ראשון מסוגו בארץ, זכה להכרה על ידי משרד האנרגיה והתשתית (באמצעות האגף לשימור אנרגיה), במיתקן הדגמה. למיכך הוא זוכה לתמיכה כספית של משרד האנרגיה, הפרוייקט זכה גם להכרה על ידי משרד המסחר והתעשייה לפרוייקט תעשייתי כלכלי ולזכאות לתמיכה נוספת.

במקביל, הפרוייקט הוכר, הדדית, כיצוג חשמל פרטי על ידי משרד האנרגיה והתשתית (באמצעות המדען הראשי ואגף ההנדסה) ועל ידי חברת החשמל (אגף הצרכנות).

פרוייקט רעיוני עם תמיכה

של חברת החשמל

להלן דוגמה של פרויקט רעיוני הממחישה את משמעות התמיכה של חברת החשמל, אגף הצרכנות, במסגרת יישום מדיניות ההתייעלות של משק החשמל.

■ היקף התמיכה כאשר הצרכן מבקש לקבל סיוע כספי בצורת מענק – (סעיף 3.3.5):

- ייסכום המענק יהיה הגבוה מבין השניים.
- א. אחוז מן החשקעה הנדרשת לביצוע הפרוייקט.
- ב. 15 אחוז מן התועלת למשק החשמל כלומר, 15 אחוז מהסכום המתקבל ממכפלה של מספר הקילו וואט, המבטאים את הספק יחיד בפרוייקט, בתועלת למשק החשמל מקילו וואט אחד (כמפורט בטבלה 3 לעיל).

צרכן כדוגמה

תקופת פעילות ומשך פעילות, תועלת סגולית למשק החשמל

צרכן אופייני במיגור תעשייתי עתיר אנרגיה חשמלית ואנרגיה של חום למשל, מפעל מזון, מפעל טקסטיל/אופרה, מפעל נייר וכו', מפעל ברציפות במשך כל ימות השנה ב-2 עד 3 משמרות. השבתת המפעל מתחילה בימי שישי בצהריים ובצהרי ערבי חג. העבודה

1.2 לפחות. החישוב ייעשה בהתאם לתנחלות המופיעות במפורט שבנספח 2.

■ תועלת שנתית ממוגנת לפי מש"ב: ברמת זמינות של 85 אחוז (טבלה 3 בסעיף 3.2.2.5) (ב-1/5 קילו וואט במשך כל שעות המשי"ב):

■ היקף התמיכה כאשר הצרכן מבקש לקבל סיוע כספי בצורת הלוואה – (סעיף 3.2.2.5):

- ייסכום הלוואה יהיה הגבוה מבין השניים:
- א. סכום החשקעה הנדרשת לביצוע הפרוייקט.
- ב. סכום המתקבל ממכפלה של מספר הקילו וואט, המבטאים את הספק יחידת הייצור בפרוייקט, בתועלת למשק החשמל מקילו וואט אחד (כמפורט בטבלה 3 לעיל).

ההלוואה תוחזר ב-8 שנים בתנאי הצמדה למדד ובריבית על פי מ"מ בין חברת החשמל והבנקים.

הדוגמה מבוססת על עקרונות התמיכה של חברת החשמל, המפורטים במדריך של חברת החשמל, אגף הצרכנות, ועל נתונים אופייניים של צרכן תעשייתי מוגדר.

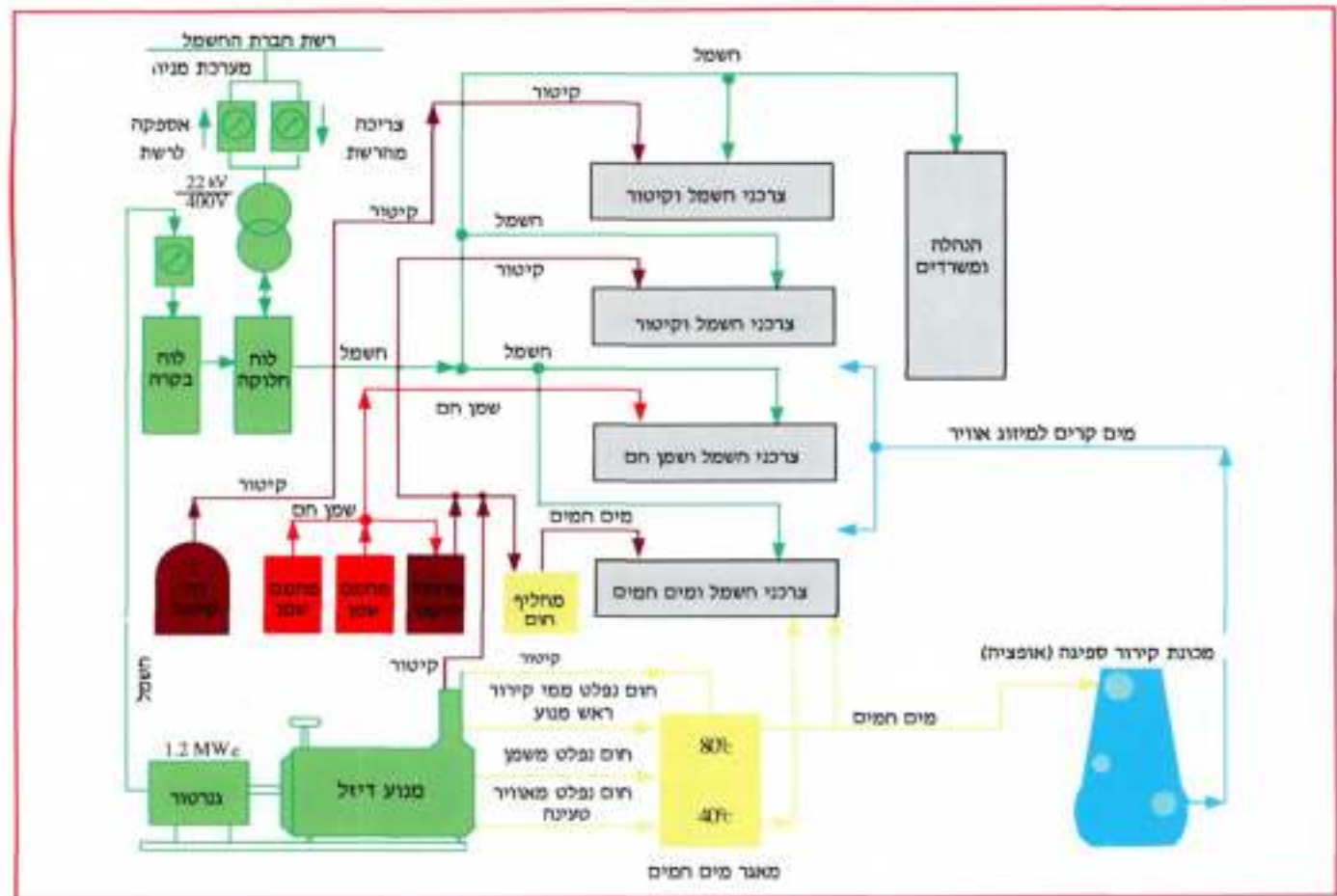
הדוגמה מוצגת עבור ייסום שבו כל החשמל המופק על ידי מערכת קוגנרציה נצרך על ידי הצרכן. כפי שכבר הוזכר לעיל, זהו אחד מהתנאים לקבלת סיוע כספי של חברת החשמל להקמת הפרוייקט.

עקרונות התמיכה של חברת החשמל – קטעים נבחרים

■ תנאים מוקדמים (סעיף 1):
(הציגוט מתוך דפי המידע של חברת החשמל, אגף הצרכנות.)

ב. החישוב השנתי בהוצאות לחשמל, הצפוי בעיקבות הקמת הפרוייקט, הוא שווה שך שקלי ל-\$5,000 לפחות.

ג. היחס בין הערך הנוכחי של התועלת לאורך חיי הציוד המתקן במסגרת הפרוייקט, ובין החשקעה בפרוייקט הוא



איור 8
תזרים האנרגיה במערכת קוגנרציה במפעל הטקסטיל "ג.א.ק."

טבלה 1
התועלת הסגולית למשק החשמל במתח גבוה על פי משי"בים

העונה	החודשים	מיקבץ שעות ביקוש (משי"ב)	תועלת (\$/ק"ו"ט)
קיץ 1	יוני,	פיסטה – 260 שעות	14.2
	ספטמבר	גבע – 392 שעות	13.1
		שפל – 350 שעות	7.0
קיץ 2	יולי,	פיסטה – 230 שעות	19.2
	אוגוסט	גבע – 352 שעות	14.0
		שפל – 320 שעות	6.8
חורף	דצמבר	פיסטה – 261 שעות	17.8
	שן	גבע – 726 שעות	30.0
	פברואר	שפל – 640 שעות	13.3
מינבר	מרץ עד מאי	פיסטה – 1520 שעות	61.3
	אוקטובר,	גבע – 300 שעות	2.8
	נובמבר	שפל – 850 שעות	16.7

נמוכה מצריכת החום ביחידות אנרגטיות זהות.

לעומת זאת, השימוש בטורבינת קיטור עדיף, בדרך כלל, לצרכנים שיעקר צריכת החום היא באמצעות קיטור בלחץ נמוך וכאשר משטר הצריכה יציב ואין בו תנודות גדולות.

תועלת למשק החשמל

חישוב התועלת השנתית למשק החשמל על בסיס הספק של 1 מגואט, 5,681 שעות פעילות בשנה ומיניות של 90 אחוז נערך באופן הבא:

תפוקת אנרגיה:

$$= 1,000 \text{ (ק"ו"ט)} \cdot 5,681 \text{ (שעות/שנה)} \cdot 0.9 = 5.1 \text{ מיליון ק"ו"ט/שנה}$$

הקטנת שיה הביקוש: 1,000 ק"ו"ט

תועלת כספית:

$$= 1,000 \text{ (ק"ו"ט)} \cdot 216 \text{ ($/שנה/ק"ו"ט)} = 216,000 \text{ $/שנה (1.8 מיליון $/שנה)}$$

תועלת לצרכן

התועלת לצרכן הצורך את כל החשמל המופק על ידי מערכת הקוגנרציה מסתכם בכ-336,000 דולר. ערך זה מבוסס על שעות הפעילות על פי המשי"בים לעיל ועל תעריפי תעריף לצרכנים במתח גבוה מיום 9.8.90.

אם הפרוייקט מוכר על ידי חברת החשמל ומשרד האנרגיה כייצרן חשמל פרטיי אזי, במידה שיהיו עודפי חשמל, המהווים את ההפרש בין התפוקה של מערכת הקוגנרציה ובין צריכת החשמל על ידי הצרכן, אלה יימכרו לרשת חברת החשמל על פי תעריפי יצרן חשמל פרטי ויביאו את התועלת הכספית לצרכן לצד גבוה יותר.

עבור שימוש במנוע דיזל כממיר אנרגיה במערכת הקוגנרציה ניתן לצפות לפוטנציאל הספק חום לשימוש בשיעור של כ-1 מגואט חום. כ-60 אחוז מהספק החום (0.6 מגואט חום) ניתנים לניצול בטמפרטורות של עד 80 מעלות צלסיוס – מתאים למים חמים, אוויר חם וכו', וכ-40 אחוז (0.4 מגואט חום) ניתנים לניצול בטמפרטורות גבוהות יחסית לצורך הפקת קיטור מגזי הפלימה.

עבור שימוש בטורבינת קיטור כממיר אנרגיה ניתן לצפות לפוטנציאל הספק חום גבוה יותר בשיעור כפול מהמתואר לעיל – 2 מגואט חום, מותנה בלחצי העבודה של הקיטור. זאת, מאחר שהנצילות החשמלית נמוכה יותר בהשוואה למערכת קוגנרציה על בסיס מנוע דיזל. יישום באמצעות טורבינת קיטור מאפשר לנצל 100 אחוז מהספק החום הזמין לניצול בטמפרטורות גבוהות יחסית.

יש לציין שאם הבסיס היה מהורה אספקה של 1 מגואט חום הרי שמערכת קוגנרציה על בסיס מנוע דיזל ניתן היה להפיק כ-1 מגואט חשמל, ואילו ממערכת על בסיס טורבינת קיטור ניתן היה להפיק כמתצית. כלומר, כ-0.5 מגואט חשמל מותנה בלחצי העבודה של הקיטור.

לפיכך, השימוש במנוע דיזל עדיף בדרך כלל, לצרכנים שצריכת החשמל שלהם זהה או גבוהה מצריכת החום, ביחידות אנרגטיות זהות, וכאשר כל החשמל המופק מיחידת מנוע הדיזל נצרך על ידי הצרכן, וכאשר עיקר צריכת החום מיועדת למים חמים בטמפרטורות של עד 85 מעלות צלסיוס, והלק מהחום מיועד לקיטור בלחץ נמוך. במקרים שבהם קיים היתר למכור עודפי חשמל לרשת חברת החשמל אפשרי שצריכת החשמל תהיה

מתחדשת במוצאי שבת או חג או ביום ראשון בבוקר או למחרת החג בבוקר. בעת הקיץ נוהגים מפעלים רבים להשבית את הפעילות למשך של שבוע אחד לפחות למטרות חופשה, אחזקה כוללת וכו'.

בהתאם לכך מתקבלות שעות הפעילות ותועלת סגולית למשק החשמל במתח גבוה בזמינות של 90 אחוז על פי המשי"בים הבאים, כמתואר בטבלה 1.

בסך הכל מתקבלת תועלת סגולית בשיעור של כ-216 דולר לשנה לכל 1 קילו וואט למשך פעילות רצופה של 5,691 שעות בשנה.

התועלת הסגולית מחושבת על בסיס טבלת תועלת שנתית, המפולגת לפי משי"בים ברמת זמינות של 85 אחוז (טבלה 3 בסעיף 3.2.2.5) (כ-1/5 קילו וואט במשך כל שעות המשי"ב) ועל בסיס טבלת תקופת ומשך הפעילות לעיל עבור צרכן אופייני ועבור זמינות של 90 אחוז.

תחשיב לדוגמה עבור "פיסטה" ב"קיץ 1":

בטבלה 3 בסעיף 3.2.2.5 שבמדריך חברת החשמל, אנף הצרכנות, מצויינים הערכים הבאים:

- מיקבץ שעות ביקוש (משי"ב): 260 שעות.
- התועלת ב"1/5 קילו וואט במשך כל שעות המשי"ב ברמת זמינות של 85 אחוז במתח גבוה: \$13.4.

בדוגמה הנוכחית נלקחה בחשבון זמינות של 90 אחוז. לפיכך, התועלת ב"5 ל-1 קילו וואט במשך כל שעות המשי"ב תהיה:

$$14.2 \text{ $/ק"ו"ט} = \frac{90\%}{85\%} \cdot 13.4 \text{ $/ק"ו"ט}$$

תחשיב לדוגמה עבור "שפל" ב"קיץ 1":

בטבלה 3 בסעיף 3.2.2.5 שבמדריך חברת החשמל, אנף הצרכנות, מצויינים הערכים הבאים:

- מיקבץ שעות ביקוש (משי"ב): 808 שעות.
- התועלת ב"5 ל-1 קילו וואט במשך כל שעות המשי"ב ברמת זמינות של 85 אחוז במתח גבוה: \$15.3.

בדוגמה הנוכחית נלקחו 350 שעות "שפלי", וזאת בהתבסס על אי פעילות הצרכן בסופי שבוע ובחלק משעות הלילה. על בסיס ערך זה ועל בסיס זמינות של 90 אחוז, התועלת ב"5 ל-1 קילו וואט במשך כל שעות המשי"ב שבהן מתקיימת פעילות הצרכן תהיה:

$$15.3 \text{ $/ק"ו"ט} = \frac{90\%}{85\%} \cdot \frac{350 \text{ שעות}}{808 \text{ שעות}} \cdot 15.3 \text{ $/ק"ו"ט}$$

הספקי מערכת הקוגנרציה

כדוגמה להספקי מערכת הקוגנרציה נתייחס למערכת שהספקה החשמלי הוא 1 מגואט חשמל.

הוצאות, חיסכון והשקעה – מערכת קונגרציה על בסיס מנוע דולר

דלק

עבור מערכת מנוע דולר שבדוגמה, ההספק הזמין הכולל (חשמל וחום) הוא 2 מגואט. בהנחה שהספק זה מהווה כ-80 אחוז מהספק הדלק המיושקע בשריפה, הרי שההספק האגרטיבי בדלק הוא כ-2.5 מגואט חום. על בסיס שווה ערך של 860 קילוקלוריה/קוטייש חום ועל בסיס ערך קלורי של הדלק לדוגמה: ערכו הקלורי של מוטס קל הוא 9,700 קילוקלוריה/ק"ג, מתקבל בצריכת הדלק היא בשיעור של כ-222 ק"ג/שעה.

משך פעילות של 5,681 שעות לשנה מנתיב צריכת דלק בשיעור של 1,261 טון לשנה.

מצריכת דלק זו יש לקזז את החיסכון בצריכה בדוד חימום קונוגרציונלי הנובע מהחיסכון בשיעור של 1 מגואט חום שמתקבל ממערכת הקונגרציה ונחסך מדוד החימום הקונוגרציונלי.

היות שעל פי המימצאים לעיל, סחצית הדלק שנצרך על ידי מערכת הקונגרציה מיועד לאספקת חום לשימוש, הרי צריכת הדלק הנוספת נטו על ידי מערכת הקונגרציה היא בסך הכל בת 111 ק"ג/שעה. צריכה זו נסוכה ממצחית הצריכה עבור תחנת כוח קונוגרציונלית להפקת חשמל בשיעור זהה למתואר לעיל. הצריכה הנוספת נטו היא כ-630 טון/שנה.

במונחים של המשק הלאומי, מושג חיסכון כתוצאה מחיסכון בצריכה הנובה יותר יחסית בתחנת כוח קונוגרציונלית על בסיס של דלק נוזלי. על בסיס צריכה של 0.26 ק"ג/קוטייש, הצריכה השנתית בתחנה קונוגרציונלית היא (לפי 5,681 שעות) 1,477 טון/שנה.

מכאן שהחיסכון שמשויגים במערכת קונגרציה בהשוואה לתחנת כוח קונוגרציונלית הצורכת דלק נוזלי הוא:

847 טון/שנה = 630 - 1477

עלות צריכת הדלק השנתית הנוספת היא:

■ לפי \$120/טון (לפני משבר הדלק הנוכחי): \$75,600/שנה

■ לפי \$160/טון (בעקבות משבר הדלק הנוכחי):

\$100,800/שנה

עלות אחזקה וטיפועול

עלויות אחזקה וטיפועול (כוח אדם, חלפים, שמן וכ"ו), הנוספות להוצאות המקובלות בצריכת אנרגיה בהיקף זהה, נאמדות בסדר גודל של כ-\$30,000/שנה.

סך כל ההוצאות – דלק, אחזקה וטיפועול – הוא כ-\$131,000/שנה, מותנה במצב הצרכן וטיפועולו קודם לישום.

הכנסה שנתית לצרכן

ההכנסה השנתית – תועלת לצרכן בקיוון ההוצאות – היא 205,000 דולר.

התועלת לצרכן למשך חיי הפרוייקט

התועלת המצטברת לצרכן בערך הנוכחי, על בסיס 20 שנה בריבית דולרית שנתית בשיעור של 12 אחוז, תהיה בסך של כ-1.7 מיליון דולר.

על בסיס השקעה בסדר גודל של 1,000 דולר ל-1 קילו וואט מותקן – מותנה בדגם, תאימות למערכות במפעל, שער המטבע, שיעור הקיוון מגלות קו אספקת חשמל מרשת חברת החשמל לצרכן, עלויות נמנעות אחרות וכ"ו – סך ההשקעה יהיה כ-1 מיליון דולר.

ערך זה מביא שהיחס בין התועלת לעלות ההשקעה למשך חיי הפרוייקט הוא כ-1.7. יחס זה עומד בקריטריונים הכלכליים. החזר ההשקעה לצרכן יהיה כ-6.5 שנים.

הערכים המצוטטים לעיל הם דוגמה בלבד. בכל פרוייקט ופרוייקט יש לבדוק באופן מעמיק את התאימות בין מערכת הקונגרציה ובין הצרכן, ולפיכך ייתכנו ערכים שונים.

תמיכת חברת החשמל – תלוואה

לפי שיטת התמיכה הנוכחית, הצרכן יוכל לזכות בתלוואה לתקופה של 8 שנים בסך של 1 מיליון דולר, השווה לעלות הפרוייקט וערך התועלת ל-20 שנה נבנה מעלות הפרוייקט.

הצרכן יחזיר כ-243,500 דולר לשנה בערך נוכחי. החזר מחושב על בסיס ההנחות הבאות:

- החזר התלוואה הוא חודשי על בסיס הצמדה למדד וריבית ריאלית.
- עלויות מדד שנתית בשיעור 20 אחוז.
- ריבית שנתית ריאלית בשיעור 4 אחוז.
- מירוח שנתית ביחס לדולר בשיעור 8 אחוז לשנה.
- ריבית דולרית שנתית בשיעור 12 אחוז.

שיעור החזר מהווה תוספת של כ-\$18,500 בהוצאות השנתיות של הפרוייקט בערך נוכחי. לתקופה של 8 שנים מדובר בתוספת מצטברת של כ-\$148,000 בערך נוכחי. את הערך הזה יש לקזז מהערך הנוכחי של 1.7 מיליון דולר למשך 20 שנות הפרוייקט.

התוספת בהוצאות מימון זו תביא להקטנת ההכנסה השנתית לסך של 61,500 דולר בערך נוכחי במשך 8 השנים הראשונות. עם זאת, מאחר שההשקעה הראשונית לצרכן היא 0 דולר הרי שמשך החזר ההשקעה לצרכן הוא 0 שנים.

תמיכת חברת החשמל – מענק

עלות הפרוייקט היא מעל \$750,000, לפיכך הצרכן לא זכאי למענק.

(המשך מעמוד 27)

תחנות טרנספורמציה זעירות

- התיישנות הבידוד.
- עלויות מתח תכופות מעל המותר.
- עומס יתר.
- היווצרות שכבת אוויר לת, אבק וליכלוך על הבידוד.
- כדי לצמצם את הסיכויים להיווצרות הקסת החשמלית נוקטים באמצעים הבאים:
- בוחרים בבידוד העומד בדרישות התקן תוך התייחסות לשיקולים טכנו-כלכליים.
- משתמשים במערכת הגנה בפני עומס יתר.
- משתמשים במערכת איוורור לצורך פיזור חום ולמניעת הצטברות של לחות ואבק.
- בוחרים במסדרי מתח גבוה משרויינים המבודדים בנו SF₆ וכך נורמים ליציבות השפעת מזג האוויר והיחום הסביבתי.
- תוצאות הבדיקה לאחר ניסוי הקצר צריכות להיות כמפורט להלן:
- דלתות, חלונות, מכסים וכ"ו צריכים להישאר סגורים.
- אסור שחלקים מהתחנה ישתחררו ויעופו במהלך הבדיקה.
- אסור שיווצרו בקידית החיצוניים סימני פגיעה או חורים כתוצאה משריפה, או בגלל תופעות אחרות.
- אסור שחיישני ארני שסודרו במאונך ובמאונך בתוך המבנה ידלקו.
- כל התארוכות צריכות להישאר מחוברות היטב.

התפתחויות בחברת החשמל בתחום ציוד מנייה אלקטרוני

אינג' מוריץ רווח

מאמר זה סוקר את ההתפתחויות בתחום ציוד מנייה אלקטרוני. הסקירה מקיפה את פרטי הציוד הבאים:

■ אוגר אלקטרוני.

■ מערכת מנייה לצרכנים גדולים במתכונת חדשה המבוססת על אוגר.

■ מערכת לתעו"ז המיועדת לצרכנים ביתיים.

אוגר אלקטרוני

לאחרונה חלה התפתחות מהירה בתחום מניית האנרגיה החשמלית. הרכיבים האלקטרוניים תופסים את מקומם לצד המונה האלקטרומכני הוותיק, ומאפשרים החלת תעריפים בהתאם לצרכי השעת.

חברת "יוניק" הישראלית, שזכתה במכרז, פיתחה אוגר אלקטרוני אשר מותקן לצד המונה האלקטרומכני במערכות המנייה, ומאפשר הפעלת תעריפים רב משייבויים, התורמים רבות ליישור הקו ולגביית תשלומים בנין צריכת החשמל בהתאם לעלויות הייצור האמיתיות לפי תעריף תעו"ז (איור 1).

האוגר האלקטרוני, שתוצרת "יוניק", עומד בשורה הראשונה ברמתו הטכנולוגית יחד עם סוגרים דומים באירופה ובארצות הברית, ובתחומים רבים הוא אף עלה עליהם. עלות האוגרים מתוצרת הארץ נמוכה משמעותית מעלות המוצרים מחו"ל, ורכישתם חוסכת למשק הישראלי מטבע זר.

מונים ארצי באגף הצרכנות של חברת החשמל עורכת באמצעות אוגר "יוניק" ניסויים לביצוע קריאת נתונים מרחוק באמצעות קו טלפון ומודם תקשורת. מודם



איור 1
מונה אלקטרוני בשילוב עם אוגר אלקטרוני "יוניק"

פי רווח – מנהל מונים ארצי, אגף הצרכנות, חברת החשמל לישראל

התקשורת שפותח מאפשר העברת נתונים אמיה וסינה מהמונים אל מרכזי המידע של חברת החשמל.

אנו צופים כי בעתיד הקרוב יקראו מרחוק מונים של צרכנים רבים באמצעות קו טלפון, ועל ידי כך יחסכו עלויות קריאת המונים והעברת הנתונים.

מערכת מנייה לצרכנים גדולים המבוססת על אוגר

לאחר מסורת רבת שנים של התקנת מערכות מנייה לצרכנים גדולים – מעל 100X3 אמפר – במתכונת של מונה אקטיבי, סונה ראקטיבי ושלושה מונים חד מופעיים לביקורת, הותקנו כבר לאחרונה מערכות מנייה, במתכונת חדשה, המבוססות על אוגר "יוניק" (איור 2).



איור 2
מערכת מנייה בשילוב אוגר "יוניק"

קריאת הנתונים במערכת המנייה החדשה כולה תבצע באמצעות מסופון אלקטרוני (איור 3) שיאסוף את הנתונים, ללא צורך בשימוש בדפי קריאה, יחד עם זאת, יתאפשר לקרוא מרחוק את המונים אצל צרכנים מיוחדים – גדולים במיוחד או מרוחקים – באמצעות קווי טלפון.

המערכת החדשה תבטיח יעילות גבוהה יותר בקריאה ובעיבוד הנתונים ואמינות מירבית, מכיוון שהקריאה תבצע אוטומטית על ידי מסופון ותמנע טעויות אנוש ברישוםם ובהקלדתם של נתוני מצב המונים.



איור 3
מסופון אלקטרוני

מערכת לתעו"ז המיועדת לצרכנים ביתיים

באוגוסט 1990 זכתה חברת "יוניק" במכרז לפיתוח מערכת לתעו"ז, המיועדת לצרכנים ביתיים. הפרוייקט נמצא כעת בשלבי הפיתוח הראשונים ואף הוחל בניסויי שדה של כמה מערכות אב-טיפוס.

"ליבו" של פרוייקט תעו"ז טמון במערכת התקשורת. התקשורת היא על קווי רשת החלוקה במתח נמוך, מסוגי הצרכן לאוגר אלקטרוני שכונתי, שמסוג, באמצעות מסופונים או קווי טלפון, יועבר המידע למרכזי המידע לשם עיבוד הנתונים והכנת החשבונות לצרכנים.

למערכת זו יתרוגות רבים נוספים, כגון: קבלת מידע, בזמן אמת, על העמסת הרשת ושנאי החלוקה – כלי עזר ממדרגה ראשונה לצרכי תיכונון אופטימלי של רשתות החלוקה, הגברת אמינות האספקה ועוד.

חברת החשמל תבצע ניסויים גם בציוד של חברות נוספות, כדי לבחון את ההתקדמות הטכנולוגית במישור רחב ככל האפשר.

הצלחת הפרוייקט תצמיד את חברת החשמל לעידן חדש בתחום המנייה האלקטרונית והעברת הנתונים, ותאפשר הפעלת תעריפי תעו"ז גם אצל צרכנים ביתיים.

מערכת תיב"ם לחיווט אוטומטי של תחנות משנה

אינג' אנטולי קאליש

מובן שזרימת המידע תהיה מבסיס הנתונים הכללי (ראשוני) אל בסיס הנתונים לפרוייקט (משני). מצד אחר בסיס הנתונים לפרוייקט יכול לשמש, במלואו או בחלקו, עבור תכנון תחנת משנה דומות בעתיד.

מטרת התוכנה לאפשר קבלת רשימות כבלים, רשימות תיווט ותרשימים אלמנטריים. התוכנה מבצעת פעולות אלה על ידי עיבוד הנתונים המאוחדים בבסיס הנתונים לפרוייקט (משני), שבו מרוכזים נתוני הפרוייקט המתוכנן. קיימות שלוש אפשרויות לאיסוף המידע הדרוש לבסיס נתונים זה והן תלויות, כמובן, במקום הימצאם של הנתונים ובצורת איחסונם, כמפורט להלן.

■ העברת הנתונים בעזרת מערכת שיחתית מבסיס הנתונים הכללי (הראשוני) שבו, כאמור, מאוחסן המידע הבסיסי. כלומר, העברת נתונים כלליים של ציוד המשמש תחנות משנה ואשר נאספו מתוך קטלוגים של יצרני ציוד.

(המשך בעמוד 43)

איור 1 מציג תרשים מבנה עיקרוני של מערכת התוכנה. קו מקווקו תוחם את חלקי התוכנה שפותחו בשלב הראשון מהאמצעים הנרפיים שנוספו בשלב השני של הפיתוח.

המידע המשמש את תוכניות החיווט נמצא בשני בסיסי נתונים:

- בסיס נתונים כללי (ראשוני).
- בסיס נתונים לפרוייקט (משני).

בסיס נתונים כללי (ראשוני)

בסיס נתונים זה כולל מידע כללי על כל נתוני הציוד והכבלים המקובלים בתחנות משנה קיימות או עתידיות. כל פרט מופיע פעם אחת בלבד.

בסיס נתונים לפרוייקט (משני)

בסיס נתונים זה כולל את המידע על תחנת המשנה המתוכננת, כלומר, מידע על כל הפרטים המרכיבים אותה והחיבורים ביניהם.

מערכת תוכנה לחיווט אוטומטי שפותחה באגף מחקר ופיתוח של חברת החשמל נמצאת בשימוש כארבע שנים. לאחרונה, הורחבה התוכנה ונוספו עליה בעיקר אמצעים גרפיים שיחתיים (Interactive) להצגה וקליטה של תרשימים חשמליים וטבלאות חיווט.

פיתוח התוכנה נעשה במקביל ליישומה באתרי התיכנון והבנייה, כך שהערות המשתמשים – מתכננים, שרטטים ואנשי אחזקה – גורמות לעידכון התוכנה תוך כדי פיתוחה. כאן, אולי, טמון יתרונה העיקרי לגבי תוכנות דומות שניתן לרכוש בחו"ל. מערכת זו מעדכנת ומתאימה את עצמה באופן דינמי לדרישות ולשיטות העבודה המקובלות בחברת החשמל.

מטרת מערכת תיב"ם זו היא לסייע בשלבי התיכנון, ההקמה והאחזקה של תחנות משנה, כולל אפשרויות נוחות של ניתוח ושליטה במערכת מורכבת של שירותים.

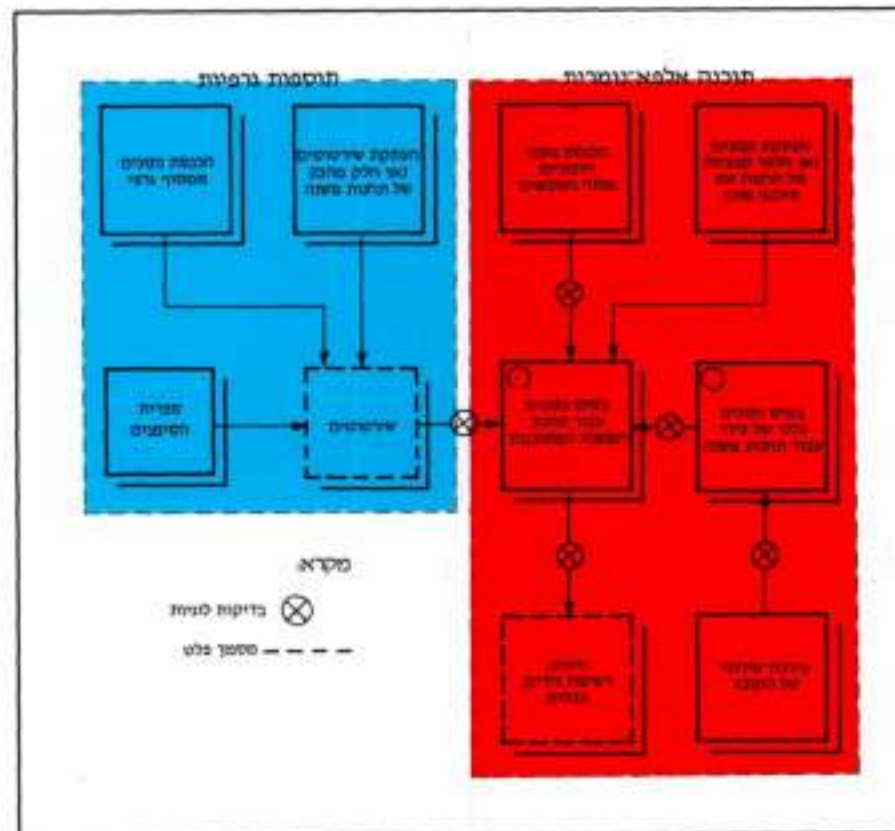
התוכנה מכינה בצורה אוטומטית מסמכי חיווט גרפיים ורשימות כבלים וגידים.

הקלט לתוכנה מתבסס על:

- תרשימים חשמליים ממוחשבים.
- בסיס נתונים של ציוד המקובל בתחנות המשנה.
- מסמכים ממוחשבים שנתקבלו מתיכנון תחנות המשנה בעבר.

ביצוע הקמה של תחנת משנה מלווה בתיעוד הנחיות לעבודת הביצוע, התחזוקה והמדידה. מקובל למיין את המסמכים האלה לשני סוגים עיקריים:

- חלק חשמלי – מסמכים המכילים מידע אודות חיווט ורשימות גידים וכבלים.
- חלק אלקטרומכני – מסמכים המכילים מידע אודות מיקום, מבנה, הארקות, תאורה, תעלות כבלים וכו'.



איור 1
סביבת המיחשוב של התוכנה

אי קאליש – מחלקת פיתוח ומחקר אנליטי, אגף מחקר ופיתוח, חברת החשמל

ערכה רב תכליתית לניסויים בחשמל ובאלקטרוניקה

במרכז הפדגוגי של **אורט ישראל** פותחה ומוצרת ערכה רב תכליתית לניסויים בנושאים מגוונים של חשמל ואלקטרוניקה. הערכה מיועדת לתלמידים שיש להם ידע קודם באלקטרוניקה בסיסית.

הערכה מתאימה לבתי ספר המכשירים את תלמידיהם לקראת התמחות מקצועית באלקטרוניקה תעשייתית, באופטור-אלקטרוניקה, בתקשורת ספרותית או אלוטית.

את הערכה ניתן להשיג ב**אורט ישראל**, המרכז הפדגוגי ע"ש מושינסקי, דרך הטיוס 28, תל אביב. פרטים נוספים ניתן לבדור במרכז הפדגוגי, טל. 03-395059.

רב-מודד ספרתי

מאת ד"ר יעקב גוון

רב-מודד ספרתי (רמיס) הוא מכשיר מדידה מקובל במעבדות האלקטרוניקה והחשמל. הוא מאפשר מדידת מתחים וזרמים (ישר וחילופין), התנגדויות חשמליות ושאי גדלים פיסיקליים בסיסיים המתוארים בספר.

הספר כולל ארבעה חלקים:

חלק א: מבוא ורקע כללי על ייעודו של הרמיס ועל תכונותיו העיקריות.

חלק ב: רקע עיוני לרמיס, כולל תיאור מקיף על עקרונות פעולתו.

חלק ג: מתאר ומסביר בהרחבה את המיפטים הטכניים האופייניים לרמיס ואת השיבותם.

חלק ד: מתאר רמיס מתוצרת הארץ, שהוא מכשיר עממי, המתאים ביותר למעבדות לימודיות ולמטרת מדידות שאינן דורשות דיוק רב מדי.

בסוף כל נושא מוצגות שאלות חזרה, לפי הצורך. הספר מכיל גם ארבעה נספחים.

הספר ראה אור בהוצאת **אורט ישראל**. ניתן להשיגו במרכז הפדגוגי ע"ש מושינסקי, דרך הטיוס 28, תל אביב.

מעגלים מיקרואלקטרוניים

סידרת ספרים מתורגמים לעברית מהספר MICROELECTRONIC CIRCUITS מאת Adel S. Sedra ו-Kenneth C. Smith.

תרגום ועריכה: **זאב ויסמן**

הספרים מתאימים לרמה תיכונית ועל תיכונית ודנים בנושא מיקרואלקטרוניקה.

הסידרה כוללת חוברות בודדות לכל אחד מחמשת הנושאים הבאים:

פרק 1: מערכות אלקטרוניות.

פרק 2: מעגלים לינאריים.

פרק 3: מגברי שרת.

פרק 4: דיודות.

פרק 5: שימושי מעגלים לא לינאריים.

הסידרה ראתה אור בהוצאת בית-הספר לטכנולוגיה של האוניברסיטה הפתוחה.

ניתן להשיגה ב**למדא**, האוניברסיטה הפתוחה, ת"ד 39328, תל אביב.

אוסף בעיות ופתרונות במכונות חשמל

ערך אינג' ב' אוסטר

אוסף בעיות ופתרונות זה כולל תרגילים בנושאים: מכונות לזרם ישר, שנאים ומכונות לזרם חילופין, לחלק מהבעיות ניתנים פתרונות מלאים, ואילו לחלק אחר ניתנות התשובות בלבד.

האוסף מיועד לתלמידי בתי ספר מקצועיים ותלמידי בתי ספר להנדסאים במגמות חשמל, הן כעור לימודי והן כאמצעי להכנה לקראת בחינות הנמר. כלולים בו פתרונות של כל השאלות שהופיעו בבחינות הנמר של משרד החינוך והתרבות בשנים תשכ"ב-תשל"א.

הספר ראה אור בהוצאת **אורט ישראל**. ניתן להשיגו במרכז הפדגוגי ע"ש מושינסקי, דרך הטיוס 28, תל אביב.

אלקטרוניקה מוכללת -

מעגלים ומערכות תקביליים וספרתיים, כרך א' וב'

מאת יעקב מילמן וכריסטוס

הלקיאס

ספר זה הוא ספר לימוד לקורס ראשון באלקטרוניקה לסטודנטים בהנדסת חשמל, כמו כן הוא עשוי לעניין סטודנטים לפיסיקה, מהנדסים ומדענים המעוניינים לעדכן את ידיעותיהם בשדה המוליכים למחצה, ובמיוחד במעגלים מוכללים.

הספר ראה אור בהוצאת **אורט ישראל**. ניתן להשיגו במרכז הפדגוגי ע"ש מושינסקי, דרך הטיוס 28, תל אביב.



(המשך מעמוד 13)

היבטים בתיכנון מיתקני חשמל במתח נמוך

במקדמי ההתקנה (סעיף 1 בטבלה) ובין הזרם המתמיד המירבי המתייחס למקדמים השונים (סעיף 6 בטבלה).

כמו כן, ראוי לציון כי אף על פי שההתקנה על סולמות - שיטה ייחיי - נראית, לכאורה, כקובעת, הסתבר לאחר התייחסות לכל המקדמים שדווקא לפי שיטה

הגנת המוליכים בפני זרמי יתר

וזרמי קצר

לאחר שהחתך נבחר על פי הקריטריונים של ההעמסה, יש לבחור את המבטח המתאים שיגן על המוליך בפני העמסת יתר הצפויה במיתקן, על כך נרחיב במאמר הבא.

יידי התנאים הם הגרועים יותר. לכן, החתך של כבל CS יהיה 2x120 ממ"ר, כלומר שני כבלים מקבילים בחתך 120 ממ"ר כל אחד.

חשוב לציון, כי גם בחירת המוליך לפי תנאי ההעמסה הגרועים ביותר מבחינת פיזור החום דורשת ניסיון תיכנוני ואין להפעילה באופן אוטומטי.



רכבת חשמלית – האתגר היישומי *

אינג' ליאו קיפניס

מאמר זה סוקר היבטים שונים המתייחסים להקמת מערכת הסעה המונית ומערכת להולכת משאות, כאשר שתי המערכות מתבססות על מסילת הברזל. כמו כן דן המאמר בשיקולים הטכניים והכלכליים הכרוכים בהפעלתן של המערכות.

למרות הזמן שעבר מאז ניתנה ההרצאה, הרי שדווקא בימים אלה חלה התעוררות מחדשת בנושא וכל הסימנים מצביעים כי תוכנית חידוש מערכת הרכבות בארץ – כולל חימומה – נמצאת בשלבים מתקדמים של תיכנון לקראת ביצוע. שלב זה נובע ממספר גורמים אשר אחד מהם הוא הצורך הדחוף במציאת פתרונות לבעיות התעבורה היומיומיות במרכזים העירוניים בארץ.

הצורך ברכבת חשמלית

כמה סיבות הביאו את קובעי המדיניות להחליטה שהפיתרון האופטימלי למשבר המתמשך בתחבורה העירונית והבין-עירונית טמון במערכת רכבות חשמלית ומודרנית.

ראשית נסקור, בקצרה, את החסרונות הטמונים בשימוש הנרחב בתחבורה הממונעת המקובלת בארץ כיום, בין אם מדובר במכוניות פרטיות ובין אם מדובר באוטובוסים.

הסטטיסטיקה המחרידה של תאונות הדרכים מצביעה על עלייה מתמשכת במספר הנפגעים מדי שנה ושנה. גם המחר – בחיי אדם ובכסף – נעשה ממש לבלתי נסבל. אם נסיף למצב זה את הסבל המתמשך, איבוד שעות עבודה יקרות, מריטת העצבים, ניזונות דלק יקר ובלאי גדל והולך של משק הרכב, כפי שאנו עדים להם כפקקים היומיומיים, בכניסה בבוקר וביציאה אחר הצהריים לתל אביב, לחיפה או לירושלים, הרי שברור כי חייבים לחפש פיתרון חלופי לתחבורה המוטורית בכבישים.

מכאן, מגיעים למסקנה שהפיתרון החלופי המעשי היחידי הסביר ביותר, הוא המעבר לרכבת, ובמיוחד לרכבת חשמלית.

יתרונות הרכבת החשמלית

היתרונות של הרכבת החשמלית – הן כהשוואה לתחבורה המוטורית כגון: הרכב הפרטי והציבורי והן לרכבת המונעת באמצעות קטרי דיזל הם:

- המאמר מתבסס על הרצאה בנושא שהוגשה במסגרת הכנס השישי של הוועקים בתחום החשמל שהתקיים ב-11 בינואר 1989.
- התמונות התקבלו באדיבותה של חברת הרכבות הבריטית
- ראה מאמר בנושא ב"התקן המצדיע" מס' 28 – דצמבר 1982.

- הצורך בהקמת תשתית חימומה – רשתות עיליות מעל הפסים, תחנות מיתוג וכי.

בנקודה זו יש להעיר שבתודעת הציבור משורשת טעות מסויימת. מאחר שסלילת רשת הכבישים ותחזוקתה ממומנת מקופת הציבור הרי שקיימת הרגשה, בין המשתמשים בה, שהם אינם משלמים עבורה, בעוד שההוצאות הכרוכות במערכת הרכבת ממומנות ישירות על ידי חברת הרכבות. לאמיתו של דבר, בשני המקרים, כל ההשקעות נופלות, בסופו של דבר, על שכב המשק הלאומי.

- השקעה ברכישת קרונות מודרניים וקטרים חשמליים.

מהאמור לעיל ניתן להיווכח כי היתרונות של הרכבת החשמלית עולים, לעין שיעור, על החסרונות.

סוגי הרכבות המתאימות לתנאי ישראל

בסקירה שנעשתה התברר כי ניתן לאפיין שני סוגים של מערכות רכבת המתאימות לנדרש בארץ:

- רכבת בין-עירונית.
- רכבת מרבצים.

שני סוגי הרכבות יוגעו באמצעות קטרים חשמליים המונעים באמצעות קו מגע עילי, חד-פופעי, מתח 25 ק"ו בתדר 50 הרץ.

רכבת בין-עירונית

כוללת רשת רכבות לאורך המדינה ומיועדת להסעת נוסעים ומשאות. מדובר כאן בקווים:

- חיפה - תל אביב - נמל התעופה בן גוריון - ירושלים.
- תל אביב - אשקלון - באר שבע - אילת.
- המאפיינים של קווים אלה הם:
- רכבות נוסעים קצרות (3+4 קרונות).
- מינוע תחנות.

- הסעה המונית בטוחה, מהירה ונוחה.
- מהירות נסיעה ממוצעת גבוהה וניצול כלכלי טוב יותר של המסילות (יותר רכבות באותו משך זמן).

- תאונה גבוהה ובלויטה מהירה.
- עלות נמוכה לתחזוקה שוטפת ואמינות מכנית גבוהה.

- עלות נמוכה להון שולי.

- אנרגיה זולה (אספקה מחברת החשמל) שמקורה במינוון מקורות דלק נוזלי, פחם וכו') ולכן גם איתלות במקור אנרגיה אחד בלבד.

- קטרים זולים (בהשוואה לקטרי דיזל) בעלי יחס הספק/משקל מעולה.

- מגיעות הצורך בתידלוק הקטרים והקטנת סכנת השריפות.

- אפשרות לייצור (רנרציה) של אנרגיה חשמלית בזמן בלימה.

- מיווג קרונות הנוסעים בעלות נמוכה ביותר.

- אפשרות לתפעול הרכבת במהירות.

- העברת מקסימום של נוסעים ומשאות במינימום של שטח קרקע תפוס.

- הסעת נוסעים מהכבישים המסוכנים לאמצעי היסע מסילתיים בטיחותיים יותר.

- הקטנת הצורך בהקצבת שטחים יקרים להרחבת כבישים והקמת חניונים.

- יצירת מקומות תעסוקה גם לבעלי מקצוע וגם לפועלים פשוטים.

- חיסכון בהוצאות דלק ובלאי של תחבורה מוטורית שמתבטא בסכומים ניכרים.

חסרונות הרכבת החשמלית

- לרכבת החשמלית יש מספר מגבלות (בעיקר כלכליות) שאסור להתעלם מהן.

- הצורך בסלילת קווים מקבילים לקווים קיימים והתאמת מסילות קיימות למהירויות גבוהות יותר.

- בניית גשרים.
- התאמת תחנות קיימות והקמת תחנות חדשות וכו'.
- ההערכה הכספית היא שהשקעות המקומיות נללא קטרים, קרונות ומסים) תהיינה בסדר גודל של כ־10 מיליון דולר (ארה"ב) לכל

- בנוסף לכך, יהיה צורך בעבודות מקומיות רבות הכוללות בין היתר:
 - סלילת מסילות.
 - התקנת העמודים, המבדדים ומתיחת המוליכים.
 - התקנת מחסומים בהצטלבויות.

- תאוצה נמוכה.
- מהירות נסיעה ממוצעת גבוהה (כ־125 קמ"ש).

רכבת מרבנים

- כוללת רשת רכבות המקשרת את המרבנים עם המרכזים העירוניים ומיועדת לנוסעים בלבד. מדובר כאן בקווים:
 - נהריה - עכו - קריות - חיפה - טירת הכרמל.
 - רחובות - ראשון לציון חולון - בת ים - תל אביב - רמת גן - בני ברק - פתח תקוה.

ציוד התשתית

- מערכת הרכבות תיוזקק לציוד מיובא – קטרים, קרונועים, קרונות, מסים מוליכים שזורים וכו', אך חלק נכבד של הציוד ייוצר בארץ ויכלול:
 - שנאים לזינת קווי המגע. מאפיני השנאי הם: שנאי חד מופעי, הספק 15 מו"א, מתח 161/25 ק"ו, בתדר 50 הרץ.
 - ביתני מיתוג ובקרה (איורים 1 ו־2) ולוחות חלוקה ופיקוד.
 - כבלי תקשורת ומערכות איתות.
 - סוגים שונים של עמודים (איורים 3 ו־4).
 - ורעות לתלית קוי המגע החשמליים.



איור 3
ביסוס יסוד של עמוד לקו מגע עילי



איור 2
תא זינה ופיקוד (פתוח בזמן תיפעול)



איור 4
סוגי עמודים לקווי מגע עיליים



איור 1
תא זינה ופיקוד לקו רכבת

פיתרון זה מחייב גם את "חישוב" הרכבת במטרה להקטין את הוצאות התיפעול ולקבל מערכת היסע "נקיה" מבחינה אקולוגית ותיפעולית.

במקביל, תספק הקמת המערכות של הרכבת תעסוקה למתכננים, לתעשיה ולמעלים ותתרום בכך גם לקליטת העלייה.

להגביל את התופעות באמצעות מיסנונות והתקנים לקיחז והקטור השלילי.

סיכום

כבדי לפתור את בעיות התחבורה וההסעה ההמונית אין מנוס אלא להקים מערכת רכבות פרברים לנוסעים, ומערכת רכבות בין-עירונית לנוסעים ולמשאות.

100 ק"מ קו כפול. במקרה של ישראל קיימת הערכה שיש להתקין כ-500 ק"מ קווי רכבת כפולים מחושמלים. דהיינו, סך כל ההשקעה הכוללת יכול להגיע לסדר גודל של כ-50 מיליון דולר (ארה"ב).

מאחר שההספק הנקוב של קטר חשמלי הוא בסדר גודל של 3 מגואט, הרי שהעומס המירבי הצפוי במערכת האספקה של חברת החשמל הוא בסדר גודל של 10 מגואט לכל 100 ק"מ קו כפול. עומס זה הוא שולי במערכת האספקה הקיימת.

את רוב רובם של השנאים ניתן להתקין בתוך או ליד תחנת משנה קיימת (איור 5).

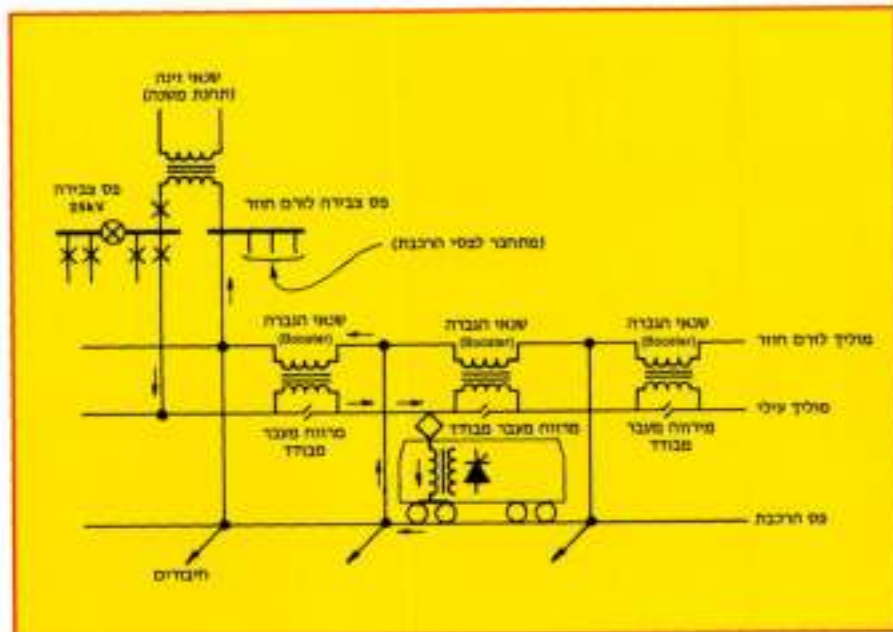
הבעיות הצפויות במערכת אספקת החשמל

מאחר שהאנרגיה החשמלית מסופקת לקטר היא חד-מופעית וחייבת, בדרך כלל, לעבור תהליך של יישוד הזרם, כבדי לאפשר הפעלת מנועים לזרם ישר או להזין מנועים תלת-מופעיים לתדר משתנה באמצעות ממירים מתאימים, יגרמו האילוצים האלה לתופעות הבאות:

- העמסה בלתי סימטרית של מערכת המתח העליון והופעת וקטור שלילי מסויים (Negative Phase Sequence Vector).

- היווצרות גלים עליונים.

מאחר ששתי התופעות האלה עלולות לגרום להפרעות במיתקני צרכנים אחרים, הרי שיש לנקוט באמצעים טכניים כדי למנוע או



איור 5 מערכת האספקה לרכבת חשמלית

(המסך מעמוד 39)

מערכת תיב"ם לחיווט אוטומטי של תחנות משנה

במסמכים שונים ולמטרות שונות. דבר זה הוא מקור לשגיאות בעיבוד ידני ומכאן היתרון שבעיבוד האוטומטי.

בעיקרון, התרשימים החשמליים מהווים את הבסיס ומהם מתקבלים המסמכים הנרשמים (בי"ר) לפי תקנים מסויימים.

התוכנה כונה בסיס נתונים פולי-הירארכי המאפשר חיפוש מידע לפי כל שדה חיפוש הקשור לציד המסופל. שדות החיפוש יכולים להיות: יצרן הציד, סוג הציד וכי.

לאחר שהציד הרצוי נבחר, התוכנה מאפשרת, באמצעות אוסף פקודות, להגדיר חיבורים בין נקודות חיבור שונות בציד הנדון. כמו כן מאפשרת התוכנה לשנות חיבורים שהוגדרו, לבטלם או להוסיף חיבורים. לאחר שנקבע החיבורים הרצויים ניתן לקבל פלט אשר מגדיר את החיבורים של הציד ואת כתובות הידדים של כל כבל. פלט זה משמש את אנשי הביצוע ולפיו מבוצעים החיבורים.

שהיתה קיימת (שפת תוכנה Supersyntax-Medusa).

כך ניתנת אפשרות נוספת להכנסת נתונים. בתהליך זה המשרטטים נעזרים בתרשימים שסכין המתכנן ומכניסים את התרשימים למחשב. המחשב עורך את הקובץ שנוצר, מבצע בדיקות לוגיות, ולאחר מכן מצרף את המידע לבסיס הנתונים של תוכנת תחנת המשנה.

החלק החשמלי כולל את כל התרשימים והדיאגרמות הדרושים לביצוע החיבורים החשמליים בתחנת המשנה ומופיעים בו ארבע קבוצות עיקריות של מסמכים:

- תרשימים אלמנטריים.
- חיווט מכשירים.
- חיווט סרגלים.
- רשימת כבלים וידיים.

מסמכים אלה משמשים מחלקות וטרמים שונים. מוכן שאותם נתונים חוזרים

המידע מאוחסן במבנה של "עץ", והתוכנה השייכתית מאפשרת לסרוק את ה"עץ" בצורה מסודרת. רשימת פרטי הציד מועברת לבסיס הנתונים לפרויקט (משני), והמשתמש יכול להוסיף מידע לזיהוי וסימון פרטי הציד כולל מיקום התקנתו וייעודו.

- במהלך הזמן נאסף מידע על תיכונן תחנות משנה רבות. במקרים רבים חלקים שלמים של תיכונן תחנת משנה ישנה זהים או דומים לאלו של תחנת משנה חדשה הנמצאת בשלבי תיכונן. התוכנה מאפשרת בעזרת מערכת שייחתי, להעביר קטעים של המסמכים ששימשו את התחנה הישנה ולהתאים אותם לשיבוץ בתוך תחנת המשנה החדשה.

- אפשרות נוספת היא בעזרת המסוף הרפי. לאחר שרכשה התוכנה הגרפית "מזוהה" החלו להכין את השידורטיים בעזרת המחשב ולבצע אינטגרציה לתוכנה

**תחנות טרנספורמציה
זעירות והשתלבותן בנוף
(ראה מאמר בעמוד 26)**



תצלום: דניאל גרין

