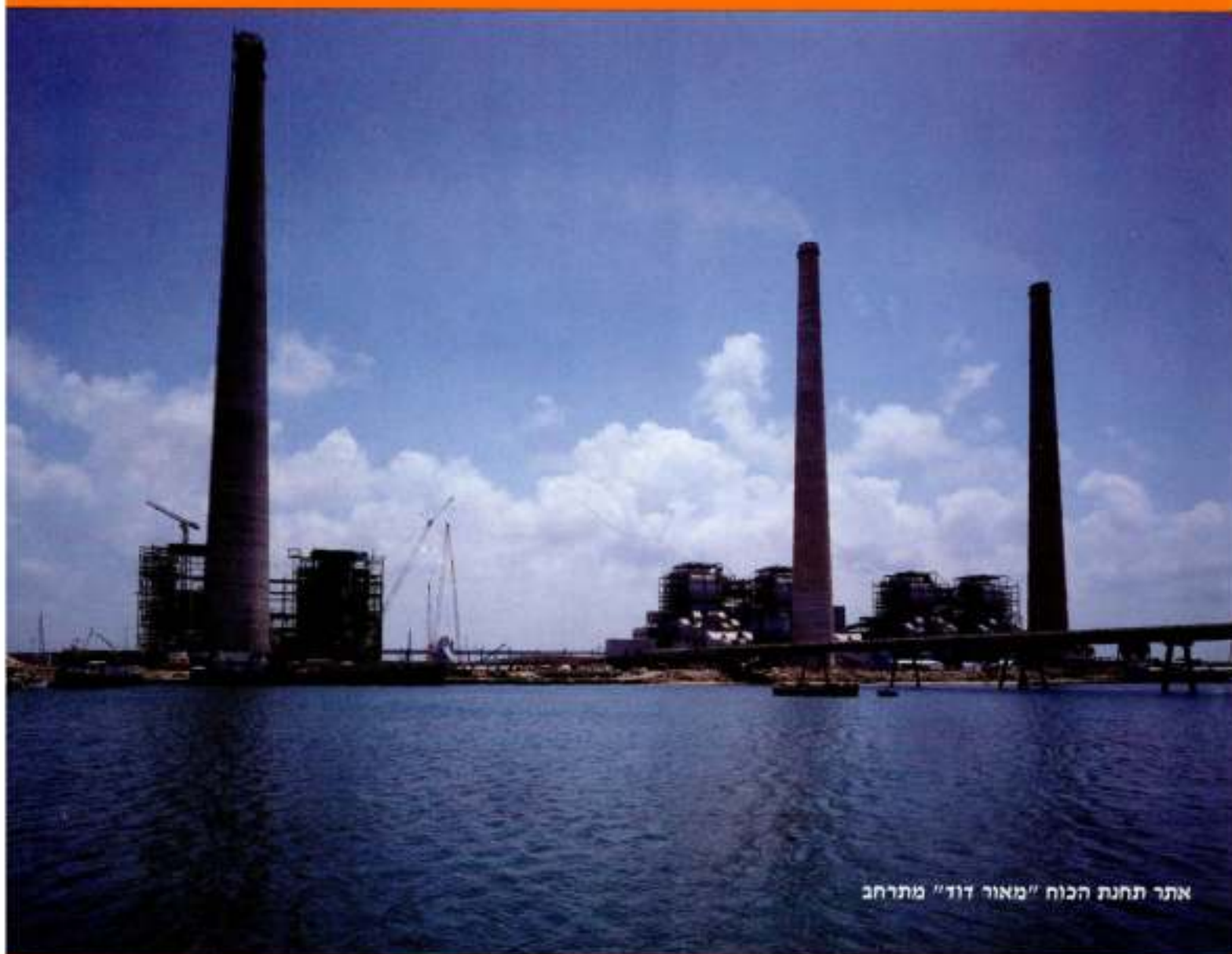


התקע המצדיע



כתב עת מקצועי לחשמל



אתר תחנת הכוח "מאור דוד" מתרחב



תוכן העניינים

3	שיקולים בתיכנון חיבורים למרכזי תעשייה זעירה, למרכזים מסחריים ולבנייני משרדים נ' זלצר
7	הגנה בפני חישוב של מיתקני תאורת רחובות המורכבים מעמודי תאורה מתכתיים י' בלב
10	עקרונות מדידת התנגדות ההארקה ר' מונהייט
14	מה חדש בתקינה הענקת מעמד של תקן בריטי (B.S.) להוראות להתקנת מיתקני חשמל של אגודת מהנדסי החשמל (I.E.E.) בבריטניה פ' שפר
15	מגיני ברק לרשתות חלוקה במתח גבוה ז' זיסמן, ל' מיישלוס
22	הכשרה והשתלמויות לחשמלאים שאלות ותשובות בנושא הכשרה מקצועית והשתלמויות ד' תרזה
	מדור שירות פירוטמי לקוראים
	משולחן הוועדות א. ועדת ההוראות לביצוע עבודות חשמל ב. ועדת הפירושים פ' שפר
23	הענקת תעודות הוקרה באגודת מהנדסי חשמל ואלקטרוניקה 28
28	מודבנות המים לייצור חשמל על הירדן ההררי (קיבוץ כפר הנשיא) א' ירום, א' יניב
29	תאונת חשמל ולקחה חישובל במיתקן חשמל במתח גבוה י' בלב
32	הכנס המקצועי השנתי ה-10 של העוסקים בתחום החשמל בישראל 33
33	מערכות חשמל מקושרות א' סט
34	הערכת עומס החשמל של מכונות וציוד משרדי במבני משרדים א' דומן
39	אינג' שמעון מרדיקס ז"ל 43

בשער:

באתר תחנת הכוח "מאר דוד" הולכת ונבנית תחנת כוח נוספת המכונה מ"ד ב'. פרויקט מ"ד ב' הוא הגדול במדינה. עלות הפרויקט כ-1.5 מיליארד דולר. התחנה תספק 1.1 מיליון קו"ט באמצעות שתי יחידות בעלות הספק של 550 מגואט. התחנה דומה לתחנת הכוח "ירוטנברג" באשקלון.

המשך בעמוד 21 ←

עורך:
אורי לייטנר

עורך משנה:
בנימין כהן

מערכת:

יוסף בלבד, בן ציון גמליאלי, אברהם זיו, אילן ירום, נתן זלצר, משה סרגלית, אלי נאסר, מרסן מרוב, יהודה מרץ, יוסף רוזנקרן

מינהלה והוצאה לאור:
משה ציטרין

עריכה לשונית, גרפיקה וסדר:
סופי סטיבן והפקה בע"מ

לוחות והדפסה:
דפוס תמיר בע"מ

כתובת המערכת:
חברת החשמל לישראל בע"מ
תיד 8810 חיפה 31087
טל. 04-548336



צילום: רן ארדה



שיקולים בתיכנון חיבורים למרכזי תעשייה זעירה למרכזים מסחריים ולבנייני משרדים

מהנדס נתן זלצר

ההתפתחויות הרבות בצידוד, בשיטות העבודה ובסוגי הצידוד והחומרים, המתרחשות בתעשייה, משפיעות גם על הנעשה בחברת החשמל.

במשך כ-70 שנות קיומה של חברת החשמל קיימת התפתחות טכנולוגית רציפה במערכת ייצור החשמל, במערכת ההשנאה, ברשתות החלוקה, בשיטות העבודה ובצידוד שבשימוש חלי"ב (חיבורים לבתים). המטרה היא להתאים את מערכת החשמל לדרישות הצרכנים, לענות על הביקוש הגובר בצריכת החשמל במינזורים השונים ולשפר את אמינות אספקת החשמל לצרכנים.

בחברת החשמל קיים מיפרט טכני של חיבורים לבתי מגורים חדשים. המיפרט מרכז את המידע שנצבר בחברת החשמל בנושא, ומהווה בסיס למחירון התשלומים בעד החיבורים למערכת אספקת החשמל.

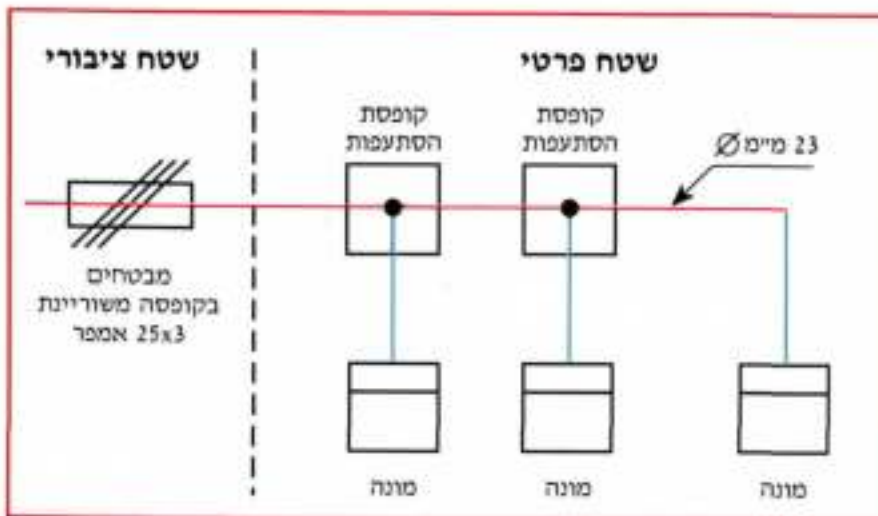
לאור העובדה שקיים מינוון רחב של סוגי צרכנים ועומסים שביניהם יש שוני ולגביהם אין עדיין בחברת החשמל מיפרט טכני כולל, בדומה לזה הקיים עבור בתי מגורים, תיכנון החיבורים למרכזי תעשייה זעירה, למרכזים מסחריים ולבנייני משרדים נעשה על סמך הניסיון שנצבר בחברת החשמל.

מאמר זה סוקר את ההתפתחות שחלה במשך השנים בנושא תיכנון חיבורים למרכזי תעשייה, למרכזים מסחריים ולבנייני משרדים. הסקירה כוללת פירוט שיטת החיבורים המקובלת היום והצגת דוגמה של תיכנון החיבור למרכז מסחרי.

החיסרון העיקרי בשיטה זו היה הסיבוב הרב, שנבע ממספרם הרב של הצנורות שצריך היה להניח במהלך היציקות בבניין, פעולה שהקשתה מאוד על עבודת הבנאים. נוסף לכך, ריכוז מספר רב של צנורות בארון המבטחים היקשה על העבודה בתוכו.

תרשים עקרוני של מערך החיבורים בשיטה זו – ריכוז מבטחים ומובילים נפרדים לכל צרכן – מוצג באיור 2.

החיבור הפנימי של חברת החשמל. הפתרון שהתפתח כלל ריכוז מבטחים בתוך ארון מבטחים, שמוקם בשטח החיבורי. המבטחים תאמו את העומסים שנדרשו על ידי הצרכנים. מארון המבטחים הסתעפו מובילים לכל הצרכנים. לכל צרכן הגיעו שני צנורות בקוטר 29 מ"מ, שבאחד מהם הותקנו תיילי ההזנה לצרכן והשני שימש עתודה לצורך הגדלת החיבור בעתיד, בהתאם לצורך.



איור 1

קו הזנה ומבטחים ראשיים המשותפים למספר צרכנים

קו הזנה ומבטחים ראשיים המשותפים למספר צרכנים

שיטת החיבורים, שהיתה מקובלת עד שנות ה-60, כללה קו הזנה ומבטחים ראשיים המשותפים למספר צרכנים.

קו החיבור הפנימי של חברת החשמל היה מורכב ממבטחים 25x3 אמפר, שהותקנו בקופסה משוריית ומוקמו בשטח החיבורי של המבנה, וקו תיילים שכלל ארבעה מוליכי נחושת מבודדים בחתך 4 ממ"ר, שהותקנו בתוך צנור משוריין מסוג "ברגמן" בקוטר 23 מ"מ.

קו חיבור זה הזין שורה של שלושה עד שישה צרכנים (חנויות, בתי מלאכה או משרדים).

תרשים עקרוני של מערך החיבורים בשיטה זו מוצג באיור 1.

ריכוז מבטחים ומובילים נפרדים לכל צרכן

היזול בעומס החשמל המותקן, שנבע משימוש הולך וגובר במכשירי חשמל, גרם לכך שנדרש פתרון טכני חדש עבור קו

ז' זלצר – מנהל מחלקת תכנון רשת וחלי"ב מחוז הדרום, חברת החשמל



המבטחים יוצאים קווי הזנה ראשיים, הם מסתעפים לכל אחד מהצרכנים. המבטחים המשניים של חברת החשמל נמצאים בשטח הפרטי של הצרכן ובצמוד למיתקן החשמל הפרטי שלו. תרשים עקרוני של מערך החיבורים בשיטה זו מתואר באיור 3.

יתרונות השימוש בשיטה זו הם:

- משתמשים במספר מועט של צינורות. לעיתים ניתן לוותר על הצינורות ולחבר את הכבלים ללא צינורות.
- המבטח הראשי של חברת החשמל הוא בגודל המיועדי הנדרש.
- המבטח המשני של חברת החשמל נמצא צמוד למיתקן החשמל הפרטי של הצרכן.

שיטה זו נהוגה כיום בחברת החשמל. ליישום השיטה משתמשים בכבלי נחושת חד גדיים למתח נמוך עם בידוד כפול מסוג XLPE להתקנת קווי הזנה בעלי חתך עד 150 ממ"ר. כבלים אלה ניתן להתקין כפי שהם ואין צורך להגן עליהם בתוך צינורות, אלא אם כן קיימת סיבה אחרת להתקנם בתוך צינורות.

לצורך ההסתעפויות מכבלים אלה משתמשים במהדקים של 150 ממ"ר, המאפשרים התחברות לקו ההזנה הראשי ללא חיבור.

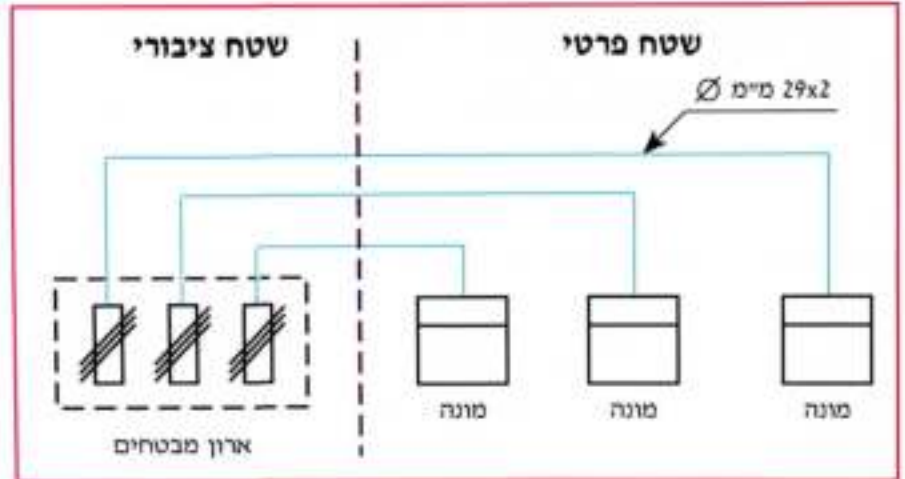
הנתונים הנדרשים לצורך תיכנון חיבור החשמל

בתיכנון החיבור הפנימי של חברת החשמל למרכזי תעשייה ועירה, למרכזים מסחריים ולבנייני משרדים בשיטה המקובלת כיום, יש לקחת בחשבון את הגורמים הבאים:

- פירוט העומסים הנדרשים.
- מיקום המבטחים.
- מיקום קווי ההזנה.
- מיקום לוחות המונים.

פירוט העומסים הנדרשים

חברת החשמל צריכה לקבל מהצרכן פירוט של החצרים השונים במבנה כולו



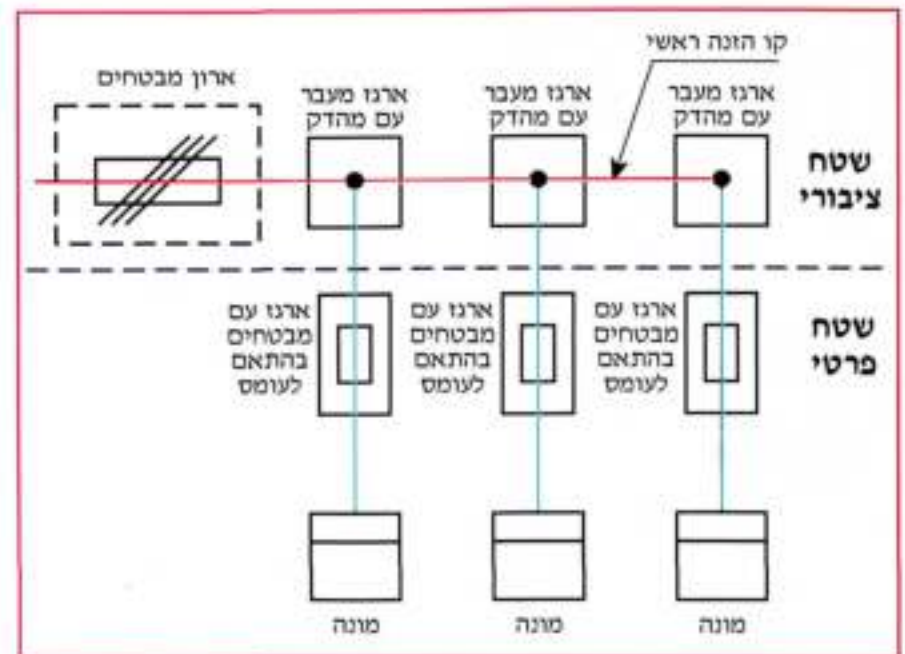
איור 2

ריכוז מבטחים ומובילים נפרדים לכל צרכן

מבטחים ראשיים, קווי הזנה ומבטחים משניים לצרכנים

שיטת החיבורים שנכנסה לשימוש החל משנות ה-70, ונמצאת בשימוש עד היום, כוללת מבטחים ראשיים, קווי הזנה ומבטחים משניים לצרכנים. המבטחים הראשיים נמצאים בתוך ארון מבטחים ראשי, הממוקם בשטח הציבורי. מארון

המשך הגידול בעומסים המותקנים במיתקני החשמל של הצרכנים, ובעקבות כך הצורך בחיבורים גדולים יותר, והחסרונות של שיטות החיבורים שהיו מקובלות, הביאו את חברת החשמל לאמץ שיטה חדשה של חיבורים – שיטת המבטחים הראשיים, קווי ההזנה והמבטחים המשניים לצרכנים. שיטה זו נהוגה גם היום.



איור 3

מבטחים ראשיים, קווי הזנה ומבטחים משניים לצרכנים



דוגמה של תכנון החיבור למרכז מסחרי

הדוגמה שלהלן מתייחסת לתכנון החיבור למרכז מסחרי – קניון.

החצרים והעומסים במרכז המסחרי

החצרים והעומסים במרכז המסחרי הם:

- 1 חיבור ציבורי 800x3 אמפר.
- 1 חיבור להיפרשווק 500x3 אמפר.
- 1 חיבור לבנק 200x3 אמפר.
- 1 חיבור למקלט 250x3 אמפר.
- 64 חיבורים לחנויות לפי הפירוט:
2 (40x3 אמפר) + 2 (25x3 אמפר) 62
- 1 חיבור ליפנצ'דיה 40x3 אמפר.

החיבור הכללי הדרוש למרכז המסחרי הוא 3,000x3 אמפר.

תיאור החיבור

המרכז המסחרי מקבל הזנה מתחנת טרנספורמציה פנימית, המכילה ארבעה שנאים 22/0.4 ק"ו.

כקווי הזנה משמשים 16 כבלים מסוג Cu XLPE 150x4 מ"מ², המחוברים ללוחות המתח הנמוך, שנמצאים בתחנת הטרנספורמציה הפנימית, מהם 12 כבלים מניעים את הצרכנים השונים שבמרכז המסחרי דרך ארונות אבטחה קומטיים ('פילרים') בקומות א', ב' ו-ג', ו-4 אחרים מניעים ישירות את ארון המדידה של החיבור הציבורי.

באזור 4 מוצג תרשים חד קווי של החיבור למרכז מסחרי.

סיכום

במאמר זה סקרנו את השיטות השונות של חיבורים למרכזי תעשייה זעירה, למרכזים מסחריים ולבנייני משרדים.

השיטה המקובלת היום כוללת מבטחים ראשיים, קווי הזנה ומבטחים משניים לצרכנים.

בתוך צינורות שהונחו ביציקה. דבר זה מקשה אמנם על העבודה בגלל דרישת תיאום מוקדם ומדוקדק עם כל הנורמים המעורבים: מתכננים, אדריכלים, בנאים וכו'. מכיוון שבמרכזים מסחריים, המראה החיצוני הוא בעל משקל לא מבוטל בשיקול הדעת לגבי שיטת אספקת החשמל, מעדיפים לפעמים את ההתקנה בתוך צינורות שהונחו ביציקה על פני התקנה חיצונית.

בתעשייה, בדרך כלל, קווי ההזנה מונחים בהתקנה חיצונית על גבי סולמות הבנויים על ידי המומין. ארנוים למעבר ולהסתעפות מותקנים בשטחים ציבוריים. וכן, בעת הטיפול בהם אין צורך בקבלת הסכמת הצרכן, או בנוכחותו בשעות בלתי נוחות. בצורה זו מונעים מהצרכן טידה מיותרת.

למי ביצוע החיבור, המומין צריך לקיים את הדרישות הבאות, המתייחסות לקווי ההזנה:

- לדאוג למעבר קווי הזנה לכל גובה המבנה ולרוחבו.
- להכין תוכניות מפורטות הכוללות את מיקומם של קווי ההזנה.
- לדאוג לכיסויים של קווי ההזנה האנכיים.

מיקום לוחות המונים

בחירת המיקום של לוח המונים נעשית בהתחשב בנוחיות של הצרכן, מצד אחד, ושל עובדי חברת החשמל המטפלים במיתקנים של חברת החשמל מצד אחר. הוחלט שבחנויות, במסעדות ובבתי מלאכה, לוח המונה יימצא ליד דלת הכניסה הראשית. דבר זה מאפשר לקרוא את המונה מבלי להיכנס לתוך האתר ולחפש את המונה. החלטה זו התקבלה בהתחשב בכך ששעות העבודה של חנויות ופי חופמות, בדרך כלל, לשעות העבודה הרגילות גם בחברת החשמל.

לגבי משרדים, יש שוני במיקום לוח המונים וזאת בהתחשב במשטר העבודה של המשרדים. במקרה זה הוחלט למקם את ריכוזי המונים בשטח ציבורי.

לוח המונה של המיתקן הציבורי מותקן, איפוא, ליד ארגו המבטחים הראשי.

והעומסים שלהם, ועל בסיס זה ניתן להעריך את גודל החיבור הכללי הנדרש.

בהערכת גודל החיבור הכללי לוקחים בחשבון את מקדמי ההתלכדות המקובלים בין צרכנים תעשייתיים ומסחריים, ראה טבלה 1.

חשוב לציין, שנוסף לנתונים המתקבלים מהטבלה בוחנים כל מקרה ומקרה לגופו מבחינת טיב הצרכנות, שעות עבודה מתוכננות, מספר צרכנים וכו'. הבחינה מתבצעת על בסיס הניסיון שהצטבר לגבי כל אחד מהמקרים.

טבלה 1

מקדמי התלכדות בין צרכנים תעשייתיים ומסחריים

מקדם התלכדות	מספר הצרכנים או השנאים
0.95	2
0.90	3-5
0.80	6-10
0.70	11-20
0.65	יותר מ-20

מיקום המבטחים

בבחירת מיקום המבטחים הראשיים נהנים להתחשב במרכז העומס ובנקודת ההתחברות של החיבור החיצוני אל המבנה. השילוב של שני נדמים אלה עוזר לקבל החלטה אופטימלית, המאפשרת נוחות בעבודות החיבור והתקנת קווי הזנה באורך אופטימלי, ואין צורך בהתקנת קו הזנה ארוך מדי.

המבטחים המשניים של כל אחד מהצרכנים ממוקמים בשטח הפרטי סמוך למיתקן הצרכן, או במרוכז בריכוזים קומטיים.

מיקום קווי ההזנה

התקנת קווי הזנה, אופקיים או אנכיים, נעשית בתוך צינורות המחוברים לארנוים פלסטיים למעבר ובתוכם מהדקי הסתעפות, המאפשרים את הסתעפות קו ההזנה לצרכנים מבלי לחתוך את הכבל. את קווי ההזנה האלה ניתן גם להעביר

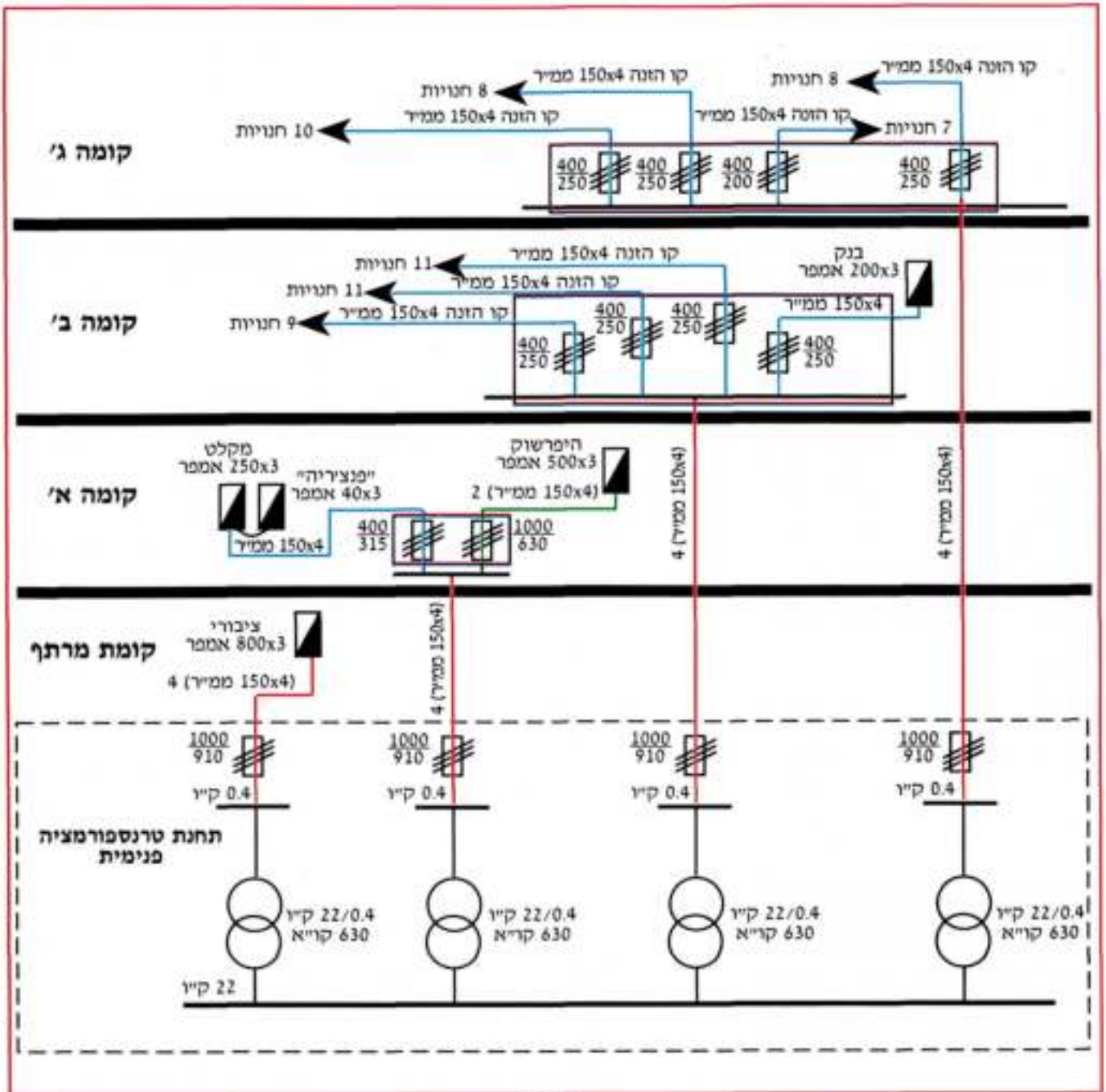


- הטרנספורמציה הפנימית (כאשר יש צורך בתחנה כואת).
- להתקין מעברים עבור קווי הזנה.
- להתקין פסי השוואת פוטנציאלים מקומיים בחתום לנדוש.
- לתאם את העבודות עם מנהל העבודה מטעם חברת החשמל

- בדרישות חברת החשמל. הדרישות החשובות הן:
- להכין תוכניות מעודכנות הכוללות: מיקום קווי הזנה, לוחות מונים, ארונות מדידה.
- להכין תוכניות למיקום תחנת

הוסמת חיבור החשמל על ידי הצרכן צריכה לכלול את הנתונים הטכניים של החיבור, כדי שבחברת החשמל יוכלו לבצע את תכנון החיבור בצורה הטובה ביותר.

מי לקדם את תהליך החיבור של הצרכן לרשת החשמל, על המזמין לעמוד



איור 4
תרשים חד קווי של החיבור למרכז מסחרי



הגנה בפני חישמול של מיתקני תאורת רחובות המורכבים מעמודי תאורה מתכתיים

מהנדס יוסף בלבל

בהתאם לתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חישמול במתח עד 1,000 וולט) התשנ"א – 1991 (ק"ת 5375), כל מיתקן חשמלי צריך להיות מוגן בפני חישמול על ידי אחד מאמצעי ההגנה בפני חישמול המותרים לשימוש: איפוס, הארקה הגנה, זינה צפה, הפרד מגן, מתח נמוך מאוד, מפסק מגן ובידוד מגן.

שיטת ההגנה בפני חישמול המקובלת בארץ במיתקני תאורת רחובות המורכבים מעמודי תאורה מתכתיים, היא שיטת הארקה הגנה. בעולם קיימים מיתקני תאורת רחובות כאלה, בהם שיטת ההגנה בפני חישמול היא בידוד מגן.

במאמר זה תינתן סקירה על אפשרויות היישום של שיטות ההגנה בפני חישמול המותרות לשימוש במיתקני תאורת רחובות המורכבים מעמודי תאורה מתכתיים, תוך התמקדות בהארקה הגנה, שהיא השיטה המקובלת כיום בארץ ובהגנה באמצעות בידוד מגן, שהיא שיטה המקובלת בעולם ומומלץ ליישמה גם במיתקני תאורה בארץ.

המתחברת בקצה של רשת התאורה. בשיטה זו משתמשים כאשר חתך המוליכים של הכבל המזין את עמודי התאורה קטן מ-16 מ"מ, ואז אחד ממוליכי כבל ההזנה משמש מוליך הארקה ראשי (איור 2).

כדי לשפר את ההארקה ולהקטין את התנגדות לולאת התקלה, מתקינים אלקטרודות הארקה נוספות. נהוג להתקין אלקטרודות הארקה לכל חמישה עמודים ברשת התאורה.

החסרון הבסיסי של שיטה זו הוא בטיחותי. חיבור ההארקה מעמוד לעמוד, תוך חיתוך מוליך ההארקה הראשי בהתחברות לכל עמוד ועמוד, גורם לכך שאם משתחרר בורג החיזוק של

על מוליך הנחושת הגלוי, המשמש להארקה, להיות שלם לכל אורכו. החיבורים אליו מתבצעים ללא חיתוך, באמצעות מחברים מתאימים (איור 1).

חסרונות השימוש בשיטה זו הם:

- העלויות של מוליך הנחושת הגלוי הטמון באדמה, התקנתו באדמה וההתחברות אליו גבוהות.
- קיים קושי בקבלת עכבת לולאת התקלה בהתאם לנדרש בתקנות החשמל.

הארקה באמצעות אלקטרודות הארקה

במקרה זה, הארקה המיתקן מתקבלת באמצעות אלקטרודות הארקה

מיתקני תאורה עם הארקה הגנה

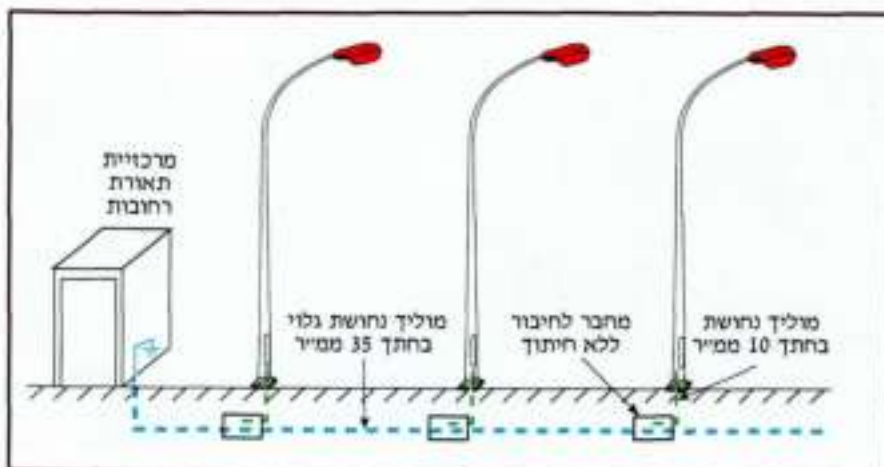
שיטת ההגנה בפני חישמול המקובלת בארץ במיתקני תאורת רחובות, המורכבים מעמודי תאורה מתכתיים, היא שיטת הארקה הגנה. קיימות שתי אפשרויות ליישום שיטה זו:

- הארקה באמצעות מוליך נחושת גלוי הטמון באדמה.
- הארקה באמצעות אלקטרודות הארקה.

הארקה באמצעות מוליך נחושת גלוי הטמון באדמה

במקרה זה, הארקה המיתקן מתקבלת על ידי מוליך נחושת גלוי בחתך 35 מ"מ הטמון באדמה, היוצא מהמרכזיה לתאורת רחובות ומסתעף מעמוד לעמוד. עומק ההטמנה של מוליך הנחושת באדמה יהיה בהתאם לעומק ההטמנה הנדרש בעת הטמנת כבלים באדמה על פי דרישות תקנות החשמל בדבר כללים להתקנת כבלים (ק"ת 1949).

כדי לשפר את ההארקה המתקבלת במקרה זה, וכדי למנוע מצב שבו שחרור בורג החיזוק של מוליך התאורה לעמוד יגרום לניתוק ההארקה ממספר עמודים,



איור 1

מיתקן תאורה המוארק באמצעות מוליך נחושת גלוי הטמון באדמה

י. בלבל – מנהל מחלקת צרכנים טכנית מחוז הדרום, חברת החשמל



באופן משמעותי את עלות ההתקנה ביחס למיתקני תאורת רחובות שבהם מותקנת הארקה הנגה.

יש לציין, שניתן להשתמש בשיטה זו גם לתאורת גינות, רמזורים, פנסים מהבהבים, שלטי פרסום וכו'.

פריטי הציוד שבהם משתמשים לתאורה הם:

- פנסי תאורה,
- מרכזיית תאורת רחובות,
- ארגז אבזרים,
- מוליכים.

פנסי תאורה

הפנסים המתקנים בשיטה זו צריכים להיות בעלי בידוד כפול בשוק קיים מיוען רחב של פנסי תאורת רחובות יעילים בעלי בידוד כפול, שמחירם קרוב למחיר פנסי תאורת רחובות רגילים.

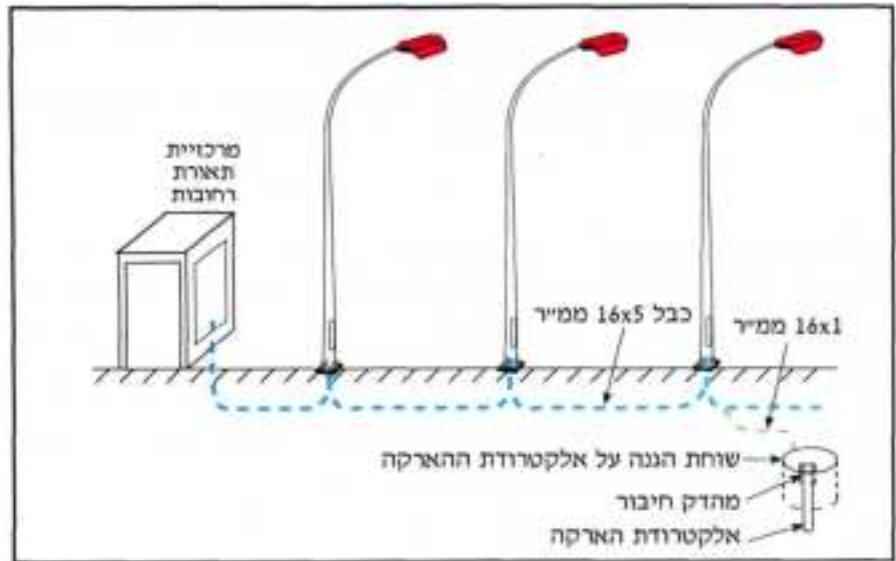
באיור 4 מוצגים סוגים שונים של פנסי תאורת רחובות בעלי בידוד כפול.



איור 4
דוגמאות של פנסי תאורה בעלי בידוד כפול

מרכזיית תאורת רחובות

מרכזיית תאורת רחובות תהיה בתוך ארגז מבודד, המיועד להתקנה ברחוב ועשוי ממוליאסטר. ארגזים אלה חזקים מאוד ועשויים מחומר כבד מאליו. כמו כן, הם עמידים בתנאי מזג אוויר קשים.



איור 2

מיתקן תאורה המוארק באמצעות אלקטרודת הארקה

מיתקני תאורה עם בידוד מגן

אחת משיטות ההנגה בפני חישמול, המקובלות בעולם במיתקני תאורת רחובות המורכבים מעמודי תאורה מתכתיים, היא שיטת בידוד מגן (איור 3).

בשיטה זו משתמשים בציוד בעל בידוד כפול (הסימון המקובל לבידוד זה הוא \square).

השימוש בשיטת בידוד מגן במיתקני תאורת רחובות מגדיל באופן ניכר את רמת הבטיחות במיתקנים אלה ומזויל

ההארקה לעמוד, מתנתקת ההארקה ממספר עמודים, דבר היכול לגרום לחישמול.

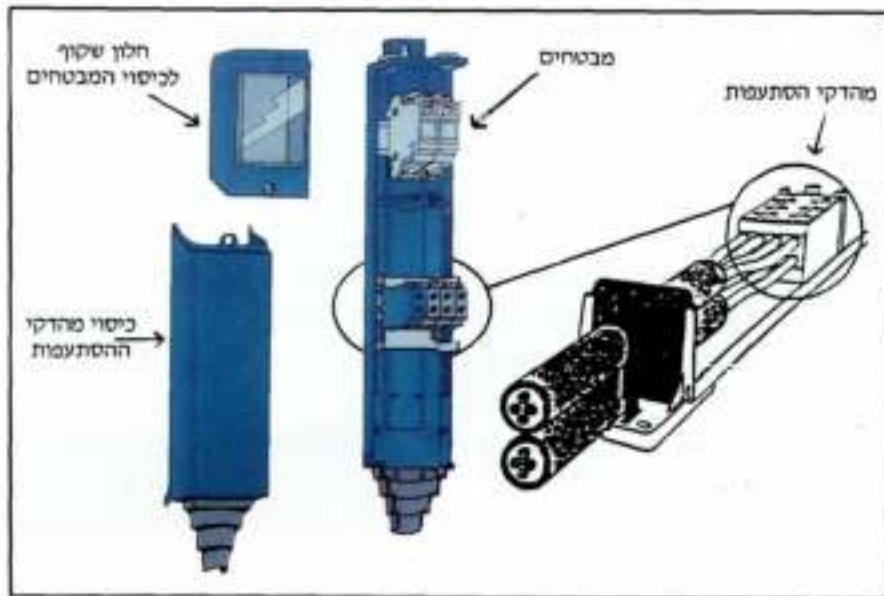
השחרור של בורג החיזוק של ההארקה לעמוד עלול להתרחש בגלל רעידות העמוד, הנובעות מתנועה של כלי רכב על הכביש, סטנך לעמוד.

כדי להבטיח הידוק תקין של ברגים אלה יש להשתמש בדיסקיות קפיציות. במסגרת אחזקת רשת התאורה המבוצעת באופן תקופתי, יש לבדוק את הידוק הברגים ולחוקם בהתאם לצורך.



איור 3

דוגמה של מיתקן תאורה עם בידוד מגן



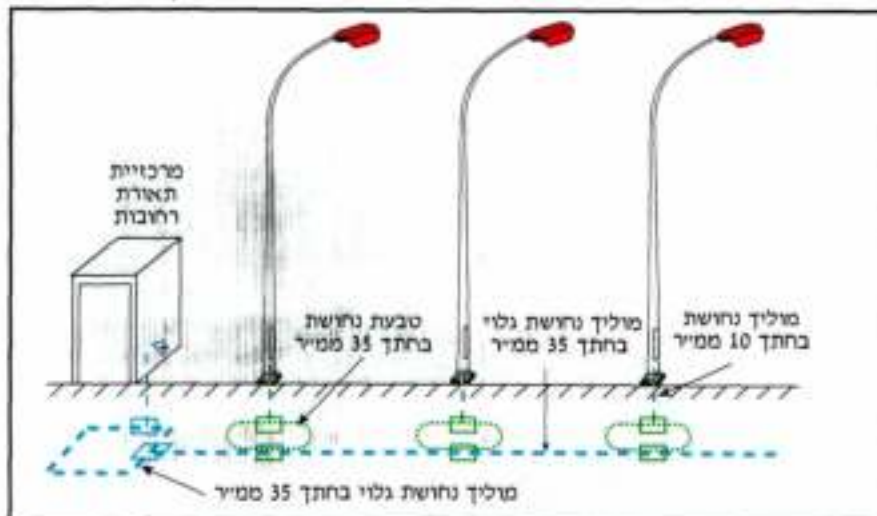
איור 5
ארגז אבזרים בעל בידוד כפול

איור 6 מציג את אופן ביצוע השוואת הפוטנציאלים במיתקן תאורה בשיטת האיפוס.

מההסבר לעיל ברור, שביצוע השוואת הפוטנציאלים במיתקן תאורת רחובות היא פעולה יקרה מאוד, הדורשת עבודה רבה, במיוחד כאשר מיתקן התאורה מכיל מספר רב של עמודים. לכן לא כדאי ליישם שיטת הגנה זו אלא אם מדובר במיתקן תאורה המכיל מספר קטן מאוד של עמודים. כמו כן, בשיטה זו יש קושי המשך בעמוד 38 ←

יש להטמין באדמה, סביב כל אחד מעמודי התאורה, מוליך נחושת גלוי בחתך 35 מ"מ" בצורת טבעת, ולחברו לנקודת ההארקה בעמוד.

יש להטמין באדמה מוליך נחושת גלוי בחתך 35 מ"מ" המוליך יוצא מפס ההארקות של מרכזיית התאורה ומסתעף מעמוד לעמוד. יש להקפיד שמוליך זה יהיה שלם לכל אורכו, והחיבורים אליו מתבצעים ללא חיתוך, אלא באמצעות מחברים מתאימים.



איור 6
השוואת פוטנציאלים במיתקן תאורה בשיטת האיפוס

ארגזים אלה הם בעלי בידוד כפול ולכן אין צורך להאריקם.

ארגז אבזרים

בתוך העמוד יותקן ארגז אבזרים בעל בידוד כפול, המכיל אבטחה ומהדקי הסתעפות לכבל הזונה ולכבל היציאה.

ארגז אבזרים בעל בידוד כפול ואופן חיבור הכבלים למהדקי ההסתעפות מוצגים באיור 5.

מוליכים

כל המוליכים במיתקן תאורה עם בידוד מן הם כבלים.

סקירה ובדיקת היישום של שיטות ההגנה האחדות במיתקני תאורה

כמו שצוין בראשית המאמר, קיימים עוד חמישה אמצעי הגנה בפני הישגות, המותרים לשימוש לצורך הגנת מיתקני חשמל הסקירה שלהן מציגה את אופן יישום שיטות הגנה אלה במיתקני תאורה, ומסבירה מדוע לא כדאי להשתמש בשיטות הללו לצורך הגנה על מיתקני תאורה.

אמצעי ההגנה בפני הישגות שאותם נסקור מבחינת ההתאמה להגנת מיתקני תאורה הם:

- איפוס.
- זינה צפת.
- המרד מגן.
- מתח נמוך מאוד.
- ממשק מגן.

איפוס

אחד התנאים לשימוש בשיטת האיפוס להגנה בפני הישגות הוא קיום השוואת פוטנציאלים במיתקן החשמל.

ביצוע השוואת פוטנציאלים במיתקן תאורת רחובות נעשה באופן הבא:

יש להטמין באדמה מוליך נחושת גלוי בחתך 35 מ"מ" מסביב למרכזיית התאורה ולחברו לפס ההארקות של המרכזייה.



עקרונות מדידת התנגדות ההארקה

מהנדס רון מונהייט

מערכת ההארקה היא מרכיב חשוב ביותר במיתקני חשמל, בעיקר באלה, המוגנים בפני חישובול בשיטת הארקה הגנה או בשיטת אימוס. למדידת התנגדות ההארקה יש משמעות רבה בקביעת תקינותו של מיתקן הצרכן ובמתן היתר לחיבורו לרשת החשמל. המשמעות הרבה נובעת מהעובדה שערך ההתנגדות משפיע על רמת ההגנה על המיתקן בכלל, ועל מידת ההגנה בפני חישובול של המשתמש במיתקן בעת התרחשות תקלה כמו קצר לאדמה.

נאמר זה סוקר את עקרונות מדידת התנגדות ההארקה במיתקני חשמל.

באופן כללי, מערכות ההארקה במיתקן צריכה ייבדקו לפני הפעלת המיתקן, או לאחר שינוי יסודי במיתקן, וכן בכל בדיקה של המיתקן. החובה לביצוע מוטלת על בעליו של המיתקן, על מחזיקו, או על מפעילו, בתאם לעניין.

התנגדות המסה הכללית של האדמה כלפי אלקטרודת ההארקה

המרכיב בעל ההשפעה הגדולה ביותר על התנגדות ההארקה הוא התנגדות המסה הכללית של האדמה סביב לאלקטרודת הארקה.

אלקטרודת הארקה מקרינה (radiates) את הזרם העובר דרכה לכל הכיוונים באדמה. הזרם נע בתוך המוליך בכיוון אחד בלבד (כלומר לאורך המוליך) אולם, כאמור, האדמה הסובבת את אלקטרודת ההארקה מעבידה את הזרם בכל הכיוונים.

עקרון נפח ההתנגדות

בתקנות החשמל מגדירים את המושג אלקטרודה באופן הבא:

"מוליך הנמצא במגע טוב עם המסה הכללית של האדמה, במישור או דרך בטון של יסוד המבנה, בין שהוא בודד ובין שהוא מורכב מספר גופים המחוברים ביניהם."

אלקטרודת הארקה יסוד מוגדרת באופן הבא:

"אלקטרודה המורכבת מחלקי פלדה הטמונים ביסוד של מבנה והמחוברים ביניהם."

התנגדות המגע בין אלקטרודת ההארקה לבין האדמה הסובבת אותה

את ערך התנגדות המגע בין אלקטרודת ההארקה לבין האדמה הסובבת אותה ניתן להזניח בהשוואה לערך התנגדות ההארקה הכוללת. הנחה זו תקפה במקרים בהם האלקטרודה אינה מצופה בצבע, שמן וכיו"ו וכן מתקיים התנאי, שהאדמה סביב לאלקטרודה מהודקת היטב.

כיסוי אוויר סביב האלקטרודה מקטינים את שטח המגע וגורמים להגדלת ההתנגדות. מכאן נובעת ההתנגדות הסגולית הגבוהה של אדמה סלעית.

חסדה סביב האלקטרודה אינה מרצה בעיה, אולם שיתוך (corrosion) הערס להקטנת שטח הפנים בין האלקטרודה לבין האדמה יגרום לעלייה ניכרת של התנגדות האלקטרודה. ניתן לשכם ולומר, כי האלקטרודה חייבת להיסצא תמיד במצב תקין.

כדי לקבל הערכה לגבי תקינותה של אלקטרודת ההארקה יש לבצע מדידות של התנגדות ההארקה בפרקי זמן קצובים ולהשוות את התוצאות המתקבלות.

בתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה במני חישובול במתח עד 1,000 וולט), התשנ"א – 1991 כתוב:

"במיתקני צריכה, בהם קיימת סכנה של איכול מוגבר של האלקטרודה, תימדד התנגדותה למסה הכללית של האדמה וכן תבוקר שלמות מוליך ההארקה בחלקו הנראה לעין, אחת לחמש שנים לפחות."

מרכיבי ההתנגדות הכוללת של ההארקה

שלושת מרכיבי ההתנגדות הכוללת של ההארקה הם:

- התנגדות החלק המתכתי של מסלול ההארקה כולל אלקטרודת ההארקה עצמה.
- התנגדות המגע בין אלקטרודת ההארקה לבין האדמה הסובבת אותה.
- התנגדות המסה הכללית של האדמה כלפי אלקטרודת ההארקה.

לחק הסבר לגבי כל אחד ממרכיבי ההתנגדות.

התנגדות החלק המתכתי של מסלול ההארקה כולל אלקטרודת ההארקה עצמה

ניתן להניח שההתנגדות החלק המתכתי של מסלול ההארקה כולל אלקטרודת הארקה עצמה נמוכה בהשוואה לערך התנגדות ההארקה הכוללת. הסיבה להתנגדות כה נמוכה נעוצה בעובדה שמרכיבי החלק המתכתי הם, בדרך כלל, צינורות ומוליכים בעלי שטח חתך גדול יחסית.

ר"י מונהייט – מחלקת תפסיל, אחזקה וציוד רשת, הרשת הארצית, אגף השייך והצרכנות, חב"ת החשמל



מדידת התנגדות ההארקה

ניח שלצורך מדידת התנגדות ההארקה מכניסים לאדמה אלקטרודה מתכתית נוספת, במרחק אין סופי מאלקטרודת הארקה הקיימת. אלקטרודה זו משמשת כאלקטרודת מבחן C. אם נחבר מקור מתח בין אלקטרודת ההארקה E לאלקטרודת המבחן C, יזרום זרם האדמה (I_E) כפי שמוצג באיור 2.

כעת, נניח שמכניסים לאדמה אלקטרודת מבחן נוספת P, במספר מסומת עוקבים ובקירבת אלקטרודת הארקה E. מד מתח המחובר בין אלקטרודת ההארקה E לבין אלקטרודת הפוטנציאל P מודד את הפרש הפוטנציאל (U_E) בין אלקטרודת הארקה E לבין אלקטרודת הפוטנציאל P.

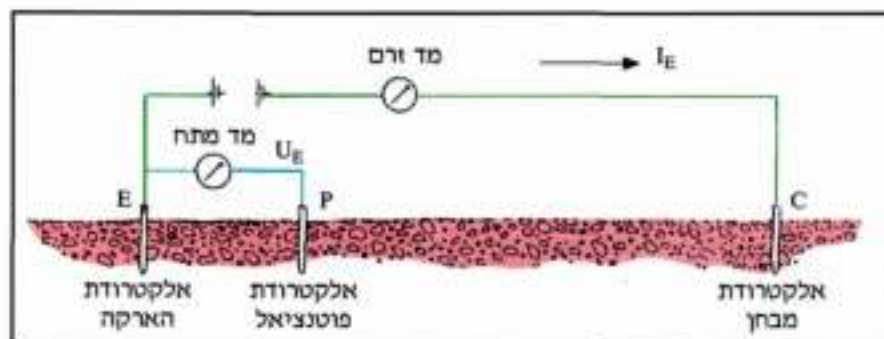
על פי חוק אוהם, התנגדות האדמה העוטפת את אלקטרודת הארקה E מכל נקודה שהיא, היא היחס בין הפרש הפוטנציאלים, שבין האלקטרודות (אלקטרודת ההארקה לבין אלקטרודת פוטנציאל) לבין הזרם הזורם דרך האדמה. כלומר, התנגדות ההארקה היא היחס בין קריאת מד המתח לבין קריאת מד הזרם ומחושבת לפי הנוסחה:

$$R_E = \frac{U_E}{I_E}$$

כאשר:

R_E – שך התנגדות ההארקה

U_E – הפרש הפוטנציאל בין אלקטרודת הפוטנציאל P לבין אלקטרודת הארקה E



איור 2

מערך מדידת התנגדות ההארקה

Δr – שכי צינור אדמה סביב האלקטרודה

L – שוק האלקטרודה באדמה

לצורך החישוב מניחים ש- ρ הוא בעל ערך קבוע ואחיד, כלומר שהאדמה היא בעלת מבנה אחיד מבחינת ההרכב המינרלי. כל הצינורות יחד יוצרים נפח התנגדות אין סופי, אולם באופן מעשי הוא מסתיים כאשר הפרש ההתנגדות בין שני צינורות צמודים מתחיל להיות זניח.

שך ההתנגדות של הצינור הראשון הוא:

$$R_1 = \frac{\rho \cdot \Delta r}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot L}$$

שך ההתנגדות של הצינור השני הוא:

$$R_2 = \frac{\rho \cdot \Delta r}{2 \cdot \pi \cdot (r + \Delta r) \cdot L}$$

ובאופן דומה, ערך ההתנגדות של הצינור ה-n הוא:

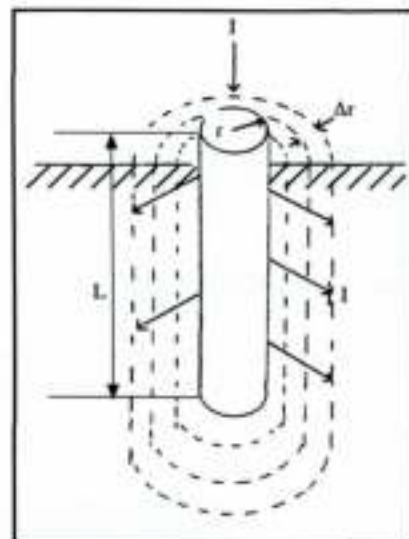
$$R_n = \frac{\rho \cdot \Delta r}{2 \cdot \pi \cdot [r + (n-1) \cdot \Delta r] \cdot L}$$

שך ההתנגדות הכוללת (R_T) מתקבל כתוצאה מסיכום של כל ערכי ההתנגדות של הצינורות.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

גודל נפח ההתנגדות חשוב לנו לצורך חישוב נכון של ההתנגדות, כמו שיוסבר בהמשך.

ניתן לצורך דוגמה, שאלקטרודת ההארקה היא מוליך מתכת המוכנס לאדמה, והאדמה האופפת את האלקטרודה בנויה מצינורות בעלי עובי זהה ובאורך זהה לאורך האלקטרודה. כל צינור הוא בעל התנגדות משלו. הצינור הקרוב ביותר לאלקטרודה הוא בעל ההתנגדות הגדולה ביותר מאחר שהוא בעל שטח הפנים הקטן ביותר. הצינור הרחוק ביותר יהיה בעל ההתנגדות הקטנה ביותר, וראה איור 1.



איור 1

צינורות התנגדות האדמה סביב אלקטרודת ההארקה

את התנגדות האדמה ניתן לחשב באמצעות הנוסחה הבאה:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{a}$$

כאשר:

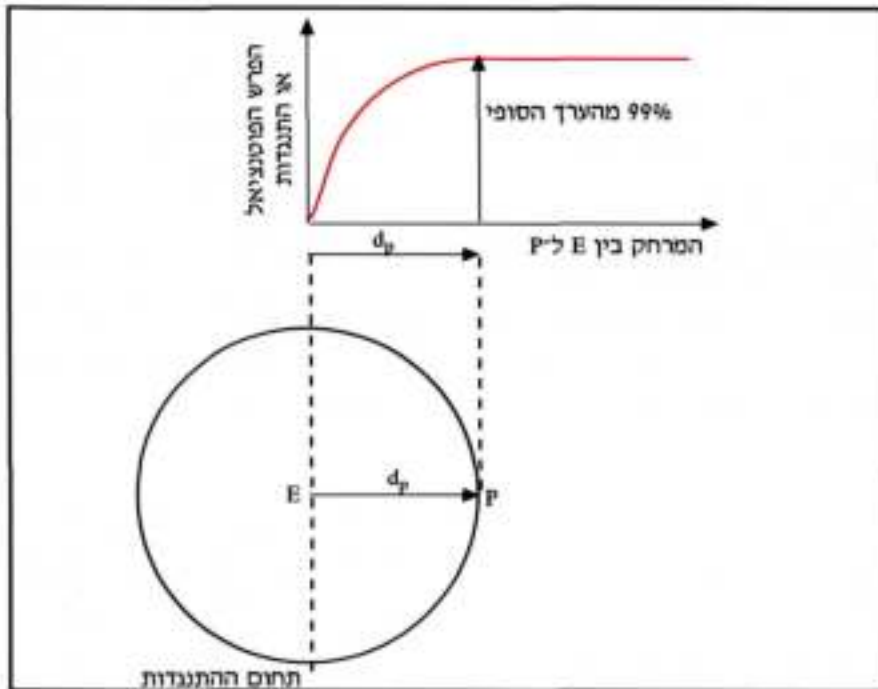
l – אורך מסלול הולכת הזרם

a – שטח החתך של מסלול הולכת הזרם

ρ – ההתנגדות הסגולית של האדמה

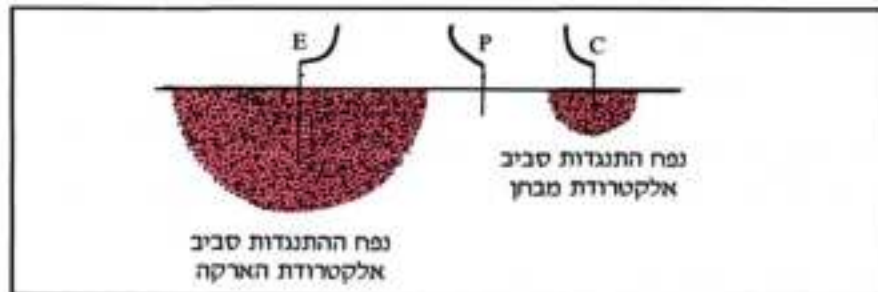
אם נשתמש בנוסחה זו לחישוב ההתנגדות של כל צינור אדמה האופף את אלקטרודת הארקה אזי:

r – שכי אלקטרודת הארקה



איור 3

השתנות ערך התנגדות ההארקה בתלות במרחק אלקטרודת הפוטנציאל P מאלקטרודת ההארקה E



איור 4

המרחק בין האלקטרודות מונע חפיפה והשפעה הדדית

$$d_p = 61.8\% \cdot d_c$$

אם אלקטרודת הפוטנציאל P תמוקם שלא בקו ישר בין אלקטרודות ההארקה E ואלקטרודת המבחן C, אזי ערכי ההתנגדות שימדדו לעולם לא יגיעו לערך ההתנגדות האמיתי, והעקומה שתקבל תראה דומה לזו המתוארת באיור 6.

באופן מעשי, בבדיקת התנגדות ההארקה המרחק הנדרש d_c הוא בסדר גודל של עשרות מטר ואף מאות מטר. יש להקפיד ולמקם את אלקטרודת המבחן C ואת אלקטרודת הפוטנציאל P במרחק

על עקומה זו קיימת נקודה, שבה ערך ההתנגדות הוא ערך ההתנגדות האמיתי. ניתן להוכיח באופן מתמטי, שהדבר מתקיים כאשר המרחק בין אלקטרודת ההארקה E לאלקטרודת הפוטנציאל P הוא 61.8% מהמרחק שבין נקודת המיקום של אלקטרודת ההארקה E לנקודת המיקום של אלקטרודת המבחן C. אם נגדיר את המרחק הזה כ- d_c , אזי כדי למדוד את הערך האמיתי של התנגדות ההארקה המרחק בין אלקטרודת הפוטנציאל P לאלקטרודת ההארקה E יצריך לקיים את התנאי הבא:

I_E – הזרם הזורם בין אלקטרודת ההארקה E לבין אלקטרודת המבחן C

איור 3 מציג את עקומת ההתנגדות או הפרש הפוטנציאל הנמדד בין נקודה E לבין נקודה P כתלות במרחק נקודה P מהנקודה E. מעקומה זו ניתן להבחין במגמה עולה של שינוי בערכי ההתנגדות או בערכי הפרש הפוטנציאל.

כפי שניתן ללמוד מעקומה זו, קצב עליית ערך ההתנגדות קטן ככל שהמרחק בין אלקטרודת ההארקה E לבין אלקטרודת הפוטנציאל P גדל. במרחק d_p מגיעים למצב שבו ערך ההתנגדות הוא בין 95% עד 99% מערכו הסופי.

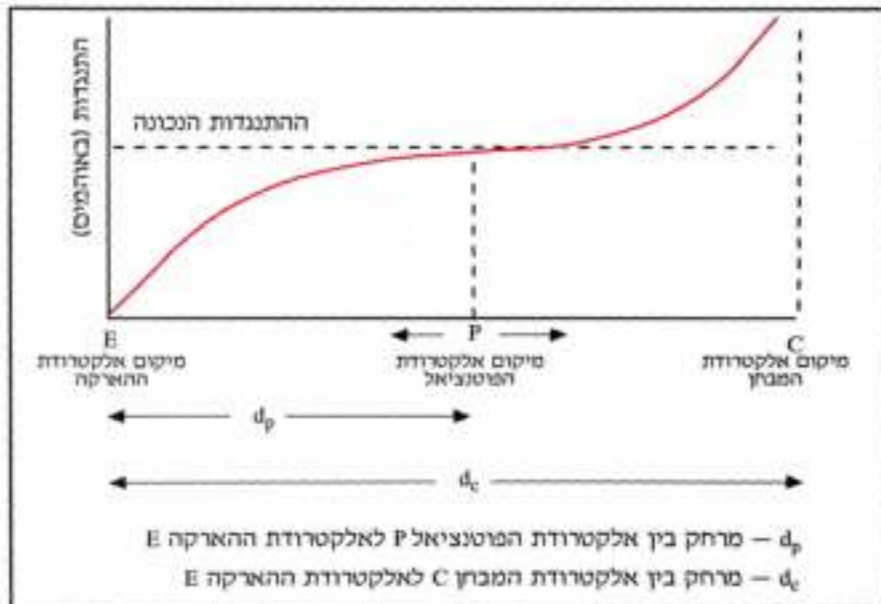
אם האדמה היא הומוגנית לכל הכיוונים אזי תתקבל עקומה דומה מסביב לאלקטרודת ההארקה E בכל הכיוונים.

הערך האמיתי של ההתנגדות יתקבל כאשר נקודה P נמצאת במרחק אין סופי מאלקטרודת ההארקה. למרות זאת, ניתן לקבל ערך התנגדות הקרוב לערך האמיתי כאשר המרחק בין אלקטרודת הפוטנציאל P לאלקטרודת ההארקה E הוא לא גדול.

השאיפה שגם אלקטרודת המבחן C תמוקם במרחק אין סופי נובעת מהצורך למצוא חפיפה, או השפעה הדדית של אזורי ההתנגדות של כל אלקטרודה, דבר העלול לשבש את תקינות המדידה (איור 4).

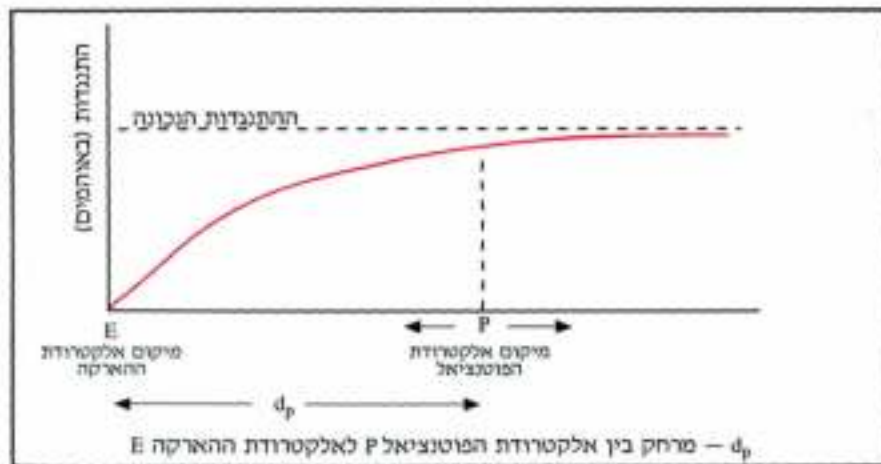
מוקם שלא ניתן למקם את אלקטרודת המבחן C במרחק אין סופי מאלקטרודת ההארקה E. ככל שנרחיק את אלקטרודת הפוטנציאל מאלקטרודת ההארקה ההתנגדות הנמדדת תיראה כמתואר באיור 3 – בהתחלה ההתנגדות עולה וככל שהמרחק d_p גדל ערך ההתנגדות נשאר קבוע.

כאשר מקרבים את אלקטרודת הפוטנציאל אל אלקטרודת המבחן C, מבחינים שוב בתופעה של עלייה חדה בערכי ההתנגדות הנמדדת. העקומה המתקבלת מוצגת באיור 5. צורתה תלויה אך ורק במידות של אלקטרודת ההארקה ואינה תלויה כלל בהתנגדות האדמה.



איור 5

ערך התנגדות הארקה כאשר אלקטרודת הפוטנציאל P נעה מנקודה E לכיוון נקודה C



איור 6

עקומת התנגדות המתקבלת כאשר אלקטרודת הפוטנציאל P לא מצויה בקו ישר בין אלקטרודת ההאיקה E לאלקטרודת המבחן C

ואלקטרודת המבחן C) ממוקמות סף בקו ישר.

- אלקטרודת הפוטנציאל P חייבת להיות בין אלקטרודת ההאיקה E ואלקטרודת המבחן C ולקיים את התנאי:

$$d_p = 61.8\% \cdot d_c$$

- משטח האדמה הוא הומוגני.

התנגדות הארקה היא מתאימה בעיקר למערכת הארקה קטנות המכילות מסות יחידים, צינורות או משטחים. הטעויות היכולות לנבוע בשיטה זו הן בעיקר בגלל התנגדות משתנה של האדמה באזור הבדיקה, שבו המבנה וההרכב של האדמה אינו אחיד.

מידת התנגדות הארקה, שתוארה במאמר זה מבוססת על ההנחות האלה:

- אלקטרודת ההאיקה E ואלקטרודת העזר (אלקטרודת הפוטנציאל P

מתאים מאלקטרודת ההאיקה E. כפי שכבר הוסבר לעיל, אם אלקטרודת ההאיקה E תהיה קרובה מדי לאלקטרודת המבחן C עלול להיווצר מצב של חפיפה ביניהן ואז העקומה שתקבל לא תכיל את התחום בו ערך התנגדות כמעט קבוע דבר המוביל לחישוב מוטעה של ערך התנגדות.

מידת התנגדות הארקה במערכת הארקה

בעקרונת שהוצגו כאן מניחים, שהמידה מתבצעת כאשר אלקטרודת פוטנציאל P נמצאת בין אלקטרודת ההאיקה E ואלקטרודת המבחן C. כאשר מערכת הארקה מכילה אלקטרודה יחידה אין קושי לבצע את המדידה. אולם, במקרים רבים, אנו נתקלים במערכות הארקה גדולות ומורכבות יותר המכילות כמה אלקטרודות הארקה, ואז קיימת בעיה באיתור נקודת ההצבה של אלקטרודת הפוטנציאל P.

בהנחה, שמערכת הארקה היא בצורת מלבן, קיימות טבלאות עזר הקובעות את מיקום האלקטרודות על סמך אורך האלכסון בין שני קצוות שדה הארקה. בטבלה 1 מוצגים לדוגמה כמה ערכים.

טבלה 1

קביעת מיקום האלקטרודות על סמך האלכסון בין קצוות שדה הארקה

אורך האלכסון של שדה הארקה (מטר)	מרחק האלקטרודות ממרכז שדה הארקה (מטר)	
	אלקטרודה P	אלקטרודה C
5	37	60
10	53	85
30	94	149
70	146	230
100	178	279

סיכום

השיטה שהוצגה במאמר זה היא השיטה הבסיסית והפשוטה ביותר למדידת

אינג' פאול שפר

הענקת מעמד של תקן בריטי (B.S.) להוראות להתקנת מיתקני חשמל של אגודת מהנדסי החשמל בבריטניה (I.E.E.)

במשך כ-30 שנה, מאז הכרות בלפור בנובמבר 1917 ועד להכרות עצמאותה של מדינת ישראל במאי 1948, שלט בארץ שלטון מנדטורי בריטי. גם במשק החשמל היתה לנהגים ולנהלים בריטיים השפעה רבה. ההוראות להתקנת מיתקני חשמל, שהוכנו ופרסמו על ידי אגודת מהנדסי החשמל בבריטניה (I.E.E.) היו לגר לרגלי השלטון בכל הנוגע למשק החשמל. בשנים האחרונות של השלטון הבריטי בארץ אף עובדה טיוטה של תקנות חשמל, אשר עסקה בעיקר בהנחיות לתיכנון ולביצוע רשתות חשמל לאספקת חשמל ציבורית. תקנות אלה, "Electricity Draft Ordinance", לעולם לא ראו אור באופן רשמי, אך הטיוטה שימשה את חברת החשמל ככל הנוגע לתיכנון מערכת האספקה שלה. הציבור הרחב של החשמלאים, אשר הגיעו מארצות שונות, השתמשו במיטתן רחב של הוראות לאומיות, שהיו רגילים להן. המערכת הבולטת היתה זו של ההוראות הגרמניות (V.D.E.), אשר שימשו גם את רוב מדינות מרכז אירופה. עם זאת, היה שימוש נרחב גם בהוראות של I.E.E. עד עצם היום הזה יש התייחסות רבה בארץ להנחיות של I.E.E. בעבודה היומיומית של מתכננים, ואף ועדת ההוראות לביצוע עבודת חשמל מחזיקה כנגד עיניה את ספר ההוראות הבריטיות בזמן עיבוד תקנות חדשות במסגרת חוק החשמל. לכן מעניינת אותנו ההתפתחות החדשה שחלה עתה במעמד ההוראות הבריטיות, כפי שיוסבר להלן.

אשר למצב בארץ, יש לציין שזמן רב מאוד משתתף נציגי מכון התקנים הישראלי בעבודת ועדת ההוראות לביצוע מיתקני חשמל (הוועדה הרשמית שליד משרד האנרגיה), וחברים בוועדת ההוראות נוטלים חלק פעיל בעבודת הוועדה המרכזית לחשמל של מכון התקנים הישראלי, שנחסות משרד התעשייה והמסחר.

כן נתקבלה כבר לפני שנים אחדות ההחלטה להתאים את תקנות החשמל, שבמסגרת חוק החשמל, למקובל ב-I.E.C., אך בהתחשב בתנאים המיוחדים של הארץ כגון: אקלים, צורות בניה.

באותם הנושאים המועטים שעברו טרם עובדו תקנים של I.E.C. מסתמכים בארץ, בדרך כלל, על התקנים הגרמניים (V.D.E.) אשר, לפי ניסיון של שנים רבות מהווים בסיס לתקנים של I.E.C. בנושאים החדשים.

מכל האמור לעיל ברור, שאירופה צועדת לקראת תקינה אחידה עבור מיתקני חשמל, ואנו משתדלים ללכת באותה הדרך כדי להקל על התעשייה הישראלית במאמציה לחדור לשוק האירופי וגם לאפשר לצרכן הישראלי ליהנות ממוצרים תקינים של אירופה, מבלי להפר את הוראות תקנות החשמל התקנים של מכון התקנים הישראלי.

מיתקני החשמל במבנים – Regulations for Electrical Installations in Buildings. בשנת 1981, כמעט מאה שנה לאחר הופעתם הראשונה, פורסמה המהדורה ה-15 בשם חדש: "הוראות למיתקני חשמל – Regulations for Electrical Installations". כך ניתן ביטוי לעובדה, שמיתקני חשמל רבים נמצאים מחוץ למבנים, וההוראות הן כוללניות ומתייחסות לכל מיתקני החשמל.

אך חשוב משינוי השם היה שינוי המבנה של ההוראות ותוכן. הוחל כאן בעבודת ההתאמה של ההוראות הבריטיות לאלה שנהוגות בוועדה הבין לאומית לחשמל (International Electrotechnical Commission), בקיצור I.E.C., אשר הוראותיה החלו להתקבל בארצות השוק האירופי ובארצות אירופה אחרות אשר מחוץ לשוק המשותף.

בציפיה לכך שבמרוצת הזמן יהיו ההוראות של I.E.C. את היתני"ך של הגדסת החשמל באירופה – ואולי גם מחוצה לה, פורסמה במאי 1991 המהדורה ה-16, אשר תוקפה הוא החל מיום 1.1.93. במהדורה זו יש התאמה מרחיקת לכת לתקנים של I.E.C.

במטרה לתת להוראות אגודת מהנדסי החשמל (I.E.E.) תוקף מחייב יותר, הוכרו הן זה עתה כתקן של מכון התקנים הבריטי, שמספרו B.S. 7671:1992. תקן זה זהה מילולית למהדורה ה-16 של הוראות I.E.E.

במאמץ להאיץ את התאמת ההוראות להתקנת מיתקני חשמל בבריטניה לאלה אשר הולכות ומתגבשות בקהילה האירופית כנורמות אירופיות, הכריז מכון התקנים הבריטי על אימוץ ההוראות של I.E.E. כתקן בריטי.

להוראות אלה יש היסטוריה ארוכה ורבת חשיבות. עוד בשנת 1882 הוציא "האיגוד של מהנדסי הטלגרף ושל החשמלאים" (The Society of Telegraph Engineers and of Electricians) את הנחיות הראשונות שכללו אז ארבעה דפים בלבד: שם ההוראות היה "כללים והוראות למניעת סיכוני אש כתוצאה מתאורה חשמלית" (Rules and Regulations for the Prevention of Fire Risks Arising from Electric Lighting).

האיגוד, אשר ב-1882 עוד לא התייחס למהנדסים אלא רק לחשמלאים ולאנשי הטלגרף, הפך מהר מאוד לאיגוד מהנדסי החשמל (Institution of Electrical Engineers), אשר הלך מחיל אל חיל ומונה היום כ-138,000 חברים בכל רחבי העולם, טלל סניף בישראל.

הכללים עברו מספר רב של עידכונים ושיש במשך השנים גם את שמם לשם טלל יותר, כדי לכלול בהם את כל

פ ספר – יידי ועדת ההוראות וועדת המיזושים שליד משרד האנרגיה והתשתיות



מגיני ברק לרשתות חלוקה במתח גבוה

מהנדס זוראל זיסמן, M.Sc., מהנדס לאוניד מיישלוס

אחת הנקודות החשובות ביותר בתהליך התיכנון של רשת חלוקה במתח גבוה היא בחירת מגיני ברק המיועדים להגן על המיתקנים השונים ברשת זו (שנאי חלוקה, כבלים תת קרקעיים, סוללות קבלי קו, מפסקים וכו'). בחירה לא נכונה של מגיני הברק או בחירה לא נכונה של מיקומם, גורמות לכך שהציוד המותקן ברשת החלוקה נשאר חשוף בפני מתחי היתר השונים, עלול להיפגע קשות וכתוצאה מכך תשתבש אספקת החשמל הסדירה לצרכנים. מאמר זה כולל סקירה על הסוגים השונים של מגיני ברק, אופן פעולתם והמאפיינים הטכניים העיקריים שלהם. המאמר מיועד לצרכנים המקבלים אספקת חשמל במתח גבוה וקיימת ברשותם רשת מתח גבוה, אותה הם צריכים לתחוק בכוחות עצמם.

מתחי יתר הנובעים מפגיעות ברק

אחת התופעות הקשות ביותר הנגרמת נוקים חמורים לרשתות החלוקה היא פגיעת ברקים בקווים עיליים במתח גבוה. הפגיעה יכולה להיות ישירה או השראתית. בדרך כלל, הברק מורכב מ-2-3 התפרקות, או אפילו 10-15 התפרקות, אשר כל אחת מהן נמשכת כ-100 מיקרושניות.

כאשר ברק פוגע בקו, המתח בנקודת הפגיעה עולה במהירות רבה. גל המתח הנוצר מתחיל לנוע לכל הכיוונים ועלול לסכן את בידוד הציוד המותקן בקו זה. מאפייני הזרם של גל ברק סטנדרטי הם:

- הערך המירבי של גל הברק: 80 kA
- המטען של גל הברק: 70 A-sec
- שימוע חזית הגל (Front of steepness): 90 kA/μsec
- משך זמן העלייה של גל ברק (Front time): 0.2-8 μsec
- קיימות מספר צורות גלים האופייניות לברקים:

$$T_1/T_2 = \begin{cases} 1.2/50 \mu\text{sec} \\ 4/10 \mu\text{sec} \\ 8/20 \mu\text{sec} \end{cases}$$

כאשר:

T_1 משך זמן העלייה של גל מתח, פרק הזמן שבו המתח עולה מ-30% ועד 90% מערכו המירבי מוכפל ב-1.67.

T_2 משך זמן העלייה והירידה של הגל, פרק הזמן שבו המתח עולה מ-30% של ערכו המירבי ועד שהוא יורד לחצי מערכו המירבי.

הכיבוי (Petersen coil) לבין קיבוליות רשת החלוקה.

הערך המירבי של מתחי יתר אלה יכול להגיע לפי שניים מערכו של המתח הנקוב של הרשת.

הטרמים המאפיינים את עליית המתח הנגרמת על ידי מתחי יתר הם:

- עוצמת מתח היתר.
- משך זמן ההופעה של מתח היתר.
- תדר מתח היתר (שווה לתדר הרשת או לכמות של תדר הרשת).

נציין, שהאופייניים של מתחי היתר החולפים חשובים לא רק לצורך בחירת מגיני הברק, אלא גם לצורך קביעת רמת הבידוד של הציוד ושל מיתקני החשמל המחוברים לרשת החלוקה.

מתחי יתר הנובעים מפעולות מיתוג

מתחי יתר הנובעים מפעולות מיתוג מופיעים, בדרך כלל, כתוצאה מפעולות המיתוג הכאות:

- סגירה או פתיחה של מעגלים בעלי אופי השראתי (שנאים בריקס), שדרכם זורמים זרמים נמוכים.
- סגירה או פתיחה של מעגלים, שדרכם זרם זרם קיבולי (בעיקר בזמן פעולת ניתוק של סוללות קבלים וכבלים בריקס).

הערכים האופייניים של מתחי יתר אלה הם בתחום של פי 2.5 עד פי 3.5 מערך המתח הנקוב של הרשת. משך הזמן של מתחי יתר אלה הוא כ-0.06 שניות.

מתחי יתר

מתחי יתר היכולים להופיע ברשתות חלוקה הם:

- מתחי יתר חולפים (Temporary Overvoltages).
- מתחי יתר הנובעים מפעולות מיתוג (Switching Overvoltages).
- מתחי יתר הנובעים מפגיעות ברק (Lightning Overvoltages).

מתחי יתר חולפים

מתחי יתר חולפים נובעים, בעיקר, משתי סיבות:

- קצרים ותקלות לאדמה.
- תופעות תהודה.

כאשר מדובר בקצרים לאדמה, מתח היתר המירבי אשר יכול להופיע ברשת תלוי בשיטת ההארקה של נקודת האפס ברשת החלוקה. כידוע, משך הזמן של הקצר לאדמה נע בתחום רחב מאוד (מחלקי שניות עד מספר שעות).

כאשר מדובר בתופעת תהודה, מתח היתר נגרם כתוצאה מתהודה בין סליל

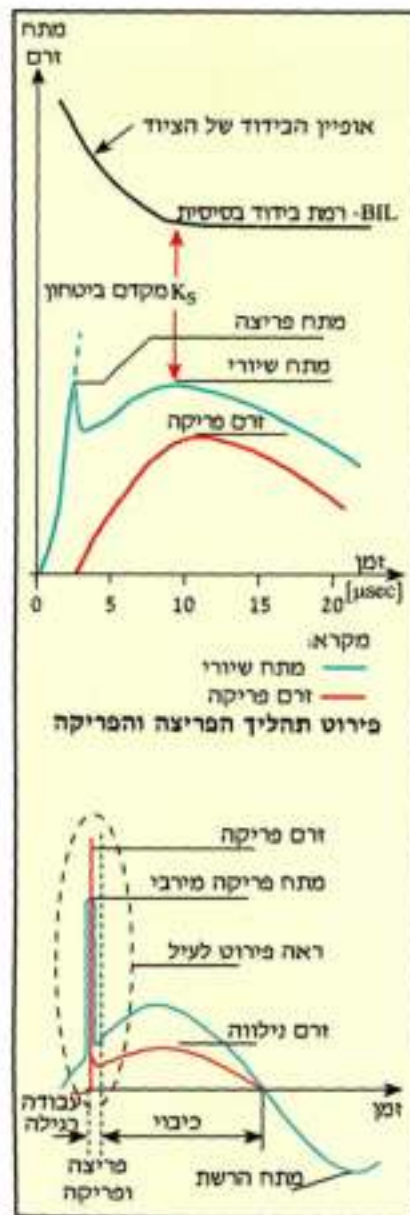
ז' זיסמן – מהנדס מומחה, מחלקת תפעול, אחזקה וציוד רשת, הרשת הארצית, אגף השיווק והצרכנות, חברת החשמל
ל' מיישלוס – מחלקת תפעול, אחזקה וציוד רשת, הרשת הארצית, אגף השיווק והצרכנות, חברת החשמל



■ מגיני ברק מדגם ואריגאפ (Varigap Arresters)

מגיני ברק מדגם מירווחי פריצה (Gap or Valve Arresters)

החלק הפעיל של מגיני הברק מסוג זה מורכב ממירווחי פריצה הנמצאים בטור עם נגדי פריקה. כל מירווח פריצה מחובר במקביל עם נגד חלוקה לא ליניארי. נגד חלוקה זה מאפשר חלוקת המתח הנקוב של מגן הברק על פני מירווחי הפריצה וגם יוצר תנאים המתאימים לפריצה מדויקת



איור 2 אופייני מגיני הברק והציוד המוגן

הערה: יש לציין שברשתות חלוקה במתח גבוה, מגיני הברק מגינים בעיקר בפני מתחי יתר הנוצרים בגלל פגיעות ברקים. ברשתות מתח עליון מגיני הברק מגינים בפני כל סוגי מתחי היתר.

עקרון הפעולה של מגן הברק

עקרון הפעולה של כל מגן ברק הוא כדלקמן:

■ בזמן הופעת מתח יתר בקו, ברמה העולה על רמת ייחוס מסוימת, מגן הברק מהווה פס מוליך בין מקום חיבורו לקו ובין האדמה. כשמתח הברק מתחיל לפעול עוברת דרכו אנרגיה רבה (של הברק), אך בצורה "מבוקרת". פעולה זו מונעת ממכויות אנרגיה גדולות להתפרק דרך המקום החלש ביותר בבידוד של ציוד הרשת.

■ בזמן פעולתו עובר דרך מגן הברק זרם גדול הנקרא זרם פריקה (Discharge Current). זרם זה גורם למפל מתח בין הדקי המופע של מגן הברק ובין הדק ההארקה שלו. מתח זה הוא המתח השירורי של מגן הברק (Residual Voltage). מתח זה נשאר בין הקו לאדמה במקום חיבור מגן הברק למשך פרק זמן של כ-20 מיקרושניות בממוצע.

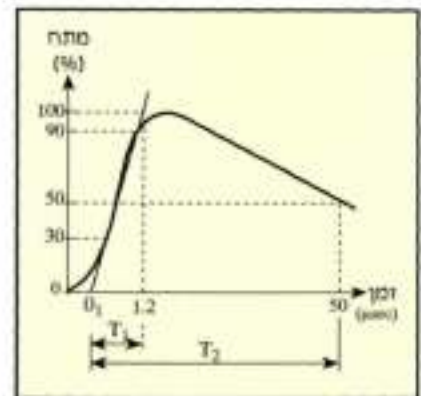
המתח השירורי הוא בעצם הרמה שבה "ינחת" גל המתח, כאשר הוא מוגש את מגן הברק. תהליך זה מתואר באיור 2. העקומות באיור זה מתארות את אופייני מגיני הברק. כמו כן מציג איור זה את אופיין הבידוד של הציוד המוגן עם ציון רמת הבידוד הבסיסית BIL, וכן את מקדם הביטחון K_s , אליו נתייחס בהמשך.

סיווג מגיני הברק ותיאור אופן פעולתם

בהתייחס לאופן הפעולה והמבנה של מגיני הברק מסוגים אלו, ניתן לשלוש סוגים עיקריים:

- מגיני ברק מדגם מירווחי פריצה (Gap or Valve Arresters)
- מגיני ברק מדגם מטאל אוקסייד (Metal Oxide Arresters)

באיור 1 מוצגת דוגמה של גל בעל אופיין $1.2/50 \mu\text{sec}$ המתאר גל מתח ברק סטנדרטי.



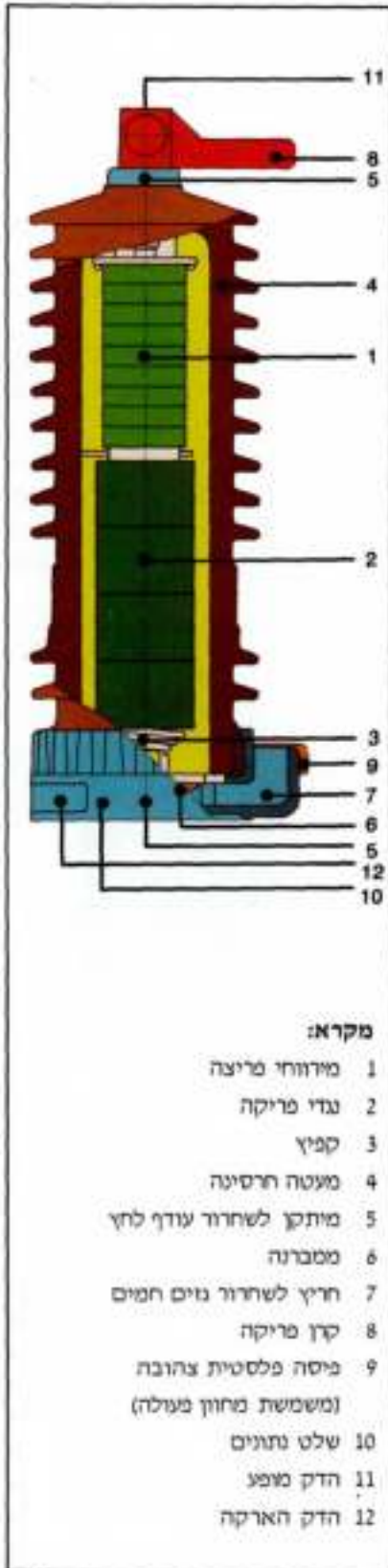
איור 1 אופיין של גל מתח ברק סטנדרטי ($1.2/50 \mu\text{sec}$)

מהאמור לעיל נובע, שמתחי היתר הנוצרים כתוצאה מפגיעת ברקים ברשתות מתח גבוה הם גדולים ומסוכנים ביותר לציוד המותקן ברשתות אלה. כדי להבטיח עבודה תקינה של הציוד בזמן הופעת מתחי יתר אלה, יש צורך "לחתוך" אותם לרמות הנמוכות מיכולת העמידה של הציוד בפני מתחי יתר. היכולת הזאת נקראת **רמת בידוד בסיסית** של הציוד (Basic Insulation Level), או בקיצור BIL. ההתקן אשר מבצע את "החיתוך", ולמעשה מיועד להגן על הציוד בפני מתחי יתר, הוא מגן ברק.

מגיני ברק – עקרון פעולה וסיווג

מגן הברק הוא התקן חשמלי המיועד להגביל לערכים נמוכים ובטוחים את כל הסוגים של מתחי יתר העלולים להופיע במערכות החשמל.

כדי לבצע פעולה זו פעמים רבות בלי לגרום להפסקות חשמל, מגיני הברק חייבים לפרוק את האנרגיה המתפתחת בזמן הופעת מתחי יתר ולהגביל ולהפסיק את הזרם הנילווה (Follow current) – זרם המופיע לאחר מעבר זרם הפריקה דרך מגן הברק – ולחזור למצב ההתחלתי, כלומר למצב מוכן לפעולה נוספת.



איור 4

מבנה מגן ברק מדגם מירווחי פריצה

מירווחי פריצה. איור 4 מציג את מבנה מגן הברק.

מגיני ברק מדגם מטאל אוקסייד (Metal Oxide Arresters)

עקרון הפעולה של מגיני ברק מדגם זה מתבסס על התכונות של נגד לא ליניארי, הנקרא וריסטור, העשוי מתחמוצת מתכתית (Metal Oxide). נגד זה משנה את התנגדותו הפנימית תחת השפעת המתח המופעל עליו.

מגן ברק זה מורכב ממודול העשוי סיבי זכוכית, הכולל וריסטורים בצורת דיסקיות. המעטה של מגן הברק עשוי מחרסינה או מחומר פולימרי.

היתרונות של מעטה פולימרי בהשוואה למעטה עשוי מחרסינה הם:

- מגן הברק קל יותר.
- שכיח פחות (דבר חשוב מאחר שבארץ קיימות חבלות רבות בצידוד הרשת).
- לא מתרסק בזמן התחממות יתר.

הזרוע התומכת של מגן הברק עשויה מחומר פולימרי בעל חוזק מכני גדול. מכסה מגן הברק נועד להגנה בפני ציפורים למניעת קצרים.

מיתקן הניתוק משמש אמצעי הגנה בפני זרימת יתר של אנרגיית הברק. בעת הזרימה של אנרגיית היתר דרך מיתקן הניתוק, החומר הנמצא בתוכו מתחמם

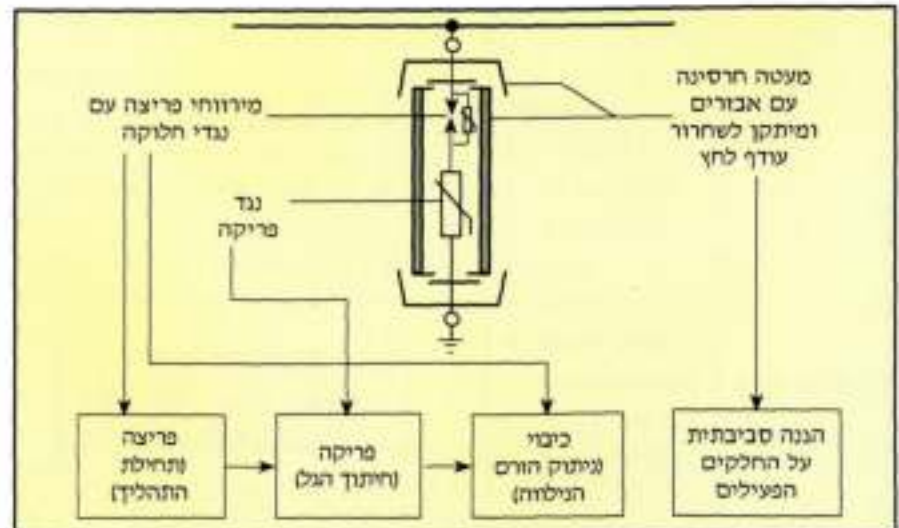
של מגן הברק ללא השהיה. נגדי החלוקה עוטפים את מירווחי הפריצה ומגינים עליהם מפני הפרעות חיצוניות.

נגדי הפריקה עשויים מגרניו (SiC Silicon Carbide), והם החלק של מגן הברק אשר משמש למעשה ל"חיתוך" מתחי היתר לערכים קטנים של המתח השיורי (U_{res}).

מאחר שאופיו $U(I)$ של נגדי הפריקה הוא לא ליניארי, נגדים אלה מהווים התנגדות נמוכה כאשר עובר דרכם זרם פריקה (I_f) גדול, וכך הם מגבילים את המתח בין הדקי מגן הברק. נגדי הפריקה מהווים התנגדות גדולה עבור מתח נקוב, וכך הם מגבילים את המשרעת (Amplitude) של הזרם הנילוה (Follow Current).

כאשר דרך מגן הברק זורם זרם פריקה גדול עלול להיווצר בתוכו לחץ יתר, ואז הממברנה המשמשת לשחרור גזים חמים נפתחת והגזים החמים פורצים החוצה דרך חריץ מתאים. מבנה זה מונע את התפוצצות מגן הברק. תוך כדי פריצת הגזים החמים החוצה, פיסה פלסטית צהובה, המשמשת מחוץ פעולה משתחררת. פעולה זו מאפשרת להבחין שסגן הברק פעל והוא מגום. הבחנה זו נעשית בלי להפסיק את הקו. חשוב לציון, שסגן ברק ללא פיסה פלסטית צהובה הוא מגן מגום ויש להחליפו.

באיור 3 מתוארים, באופן סכמטי, המרכיבים העיקריים של מגן הברק מדגם

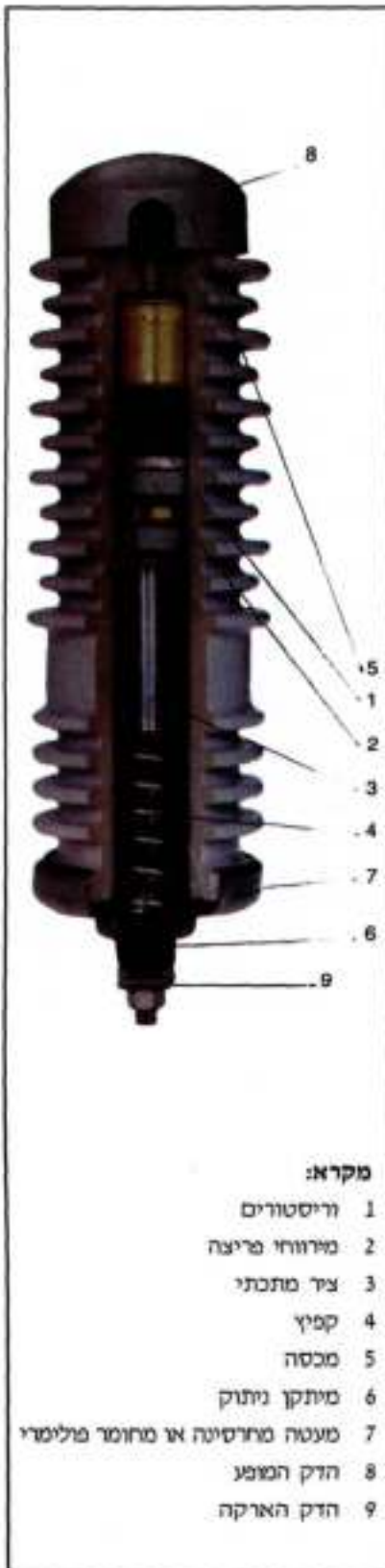


איור 3

תיאור סכמטי של המרכיבים העיקריים של מגן ברק מדגם מירווחי פריצה

מקרא:

- 1 מירווחי פריצה
- 2 נגדי פריקה
- 3 קפיץ
- 4 מעטה חרסינה
- 5 מיתקן לשחרור עורף לחץ
- 6 ממברנה
- 7 חריץ לשחרור גזים חמים
- 8 קרן פריקה
- 9 פיסה פלסטית צהובה (משמשת מחוץ פעולה)
- 10 שלט נתונים
- 11 הדק מפנץ
- 12 הדק הארקה



איור 6
מגן ברק מדגם ואריגאפ

עקרון הפעולה של מגיני ברק מדגם ואריגאפ משלב בתוכו את שתי הטכניקות הקודמות, כלומר מירווחי פריצה ווריסטורים באותו מעטה. שילוב זה נותן מגן ברק המנצל את היתרונות של מגיני הברק מדגם מירווח פריצה ושל מגיני הברק מדגם מטאל אוקסייד.

מגן הברק החדש מורכב מוריסטורים בצורת דיסקיות וקבוצה של מירווחי פריצה המותקנים על ציד מתכתי, המאפשר קבלת מגן ברק בעל אורך זחילה מתאים. הקפיץ הדוחס את הוריסטורים מבטיח שטח מגע מספיק בין הוריסטורים.

איור 6 מתואר מגן ברק מדגם ואריגאפ.

בחירת המאפיינים הטכניים העיקריים של מגיני ברק ברשת חלוקה במתח גבוה

להלן סקירה על המאפיינים הטכניים העיקריים של מגיני הברק מהסוגים השונים המשמשים להגנה ברשתות החלוקה במתח גבוה.

מגיני ברק מדגם מירווחי פריצה

המאפיינים הטכניים הם:

- מתח נקוב – U_R .
- זרם פריקה נקוב – I_R .
- רמת הגנה – PL (Protection Level).

מתח נקוב – U_R

המתח הנקוב של מגן הברק צריך להיות שווה למתח המירבי היכול להופיע בין הדקוי במקום התקנתו ברשת, או גדול ממנו.

עבור מגיני ברק המותקנים בין מופע לאדמה, המתח הנקוב מתקבל מהביטוי הבא:

$$U_R = U_{max} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot K_c \quad (1)$$

כאשר:

U_R – המתח הנקוב בין הדק המופע להדק הארקה של מגן הברק [ק"ו]

ומתפוצץ ונזרם לניתוק המיתקן מגוף מגן הברק. כתוצאה מכך המיתקן נשאר תלוי על קצה חוט הארקה. פעולת ניתוק זו מאפשרת להבחין בכך שמגן הברק פגום בלי להפסיק את הקו.

מעטה פולימרי עוטף באופן הרמטי את המודול הפנימי של מגן הברק.

איור 5 מתואר מבנה מגן ברק מדגם מטאל אוקסייד.

מגיני ברק מדגם ואריגאפ

(Varigap Arresters)

מגיני ברק אלה הם פרי פיתוח חדש ביותר בתחום מגיני הברק. הדגם הראשון הופיע לראשונה לפני כשנתיים וטרם הצטבר ניסיון מספיק כדי להסיק מסקנות מעשיות לגביהם.



איור 5
מגן ברק מדגם מטאל אוקסייד

מקרא:

- 1 מודול העשוי סיבי זכוכית
- 2 וריסטורים
- 3 מעטה מחרסינה או מחומר פולימרי
- 4 ארוע תומכת
- 5 מכסה
- 6 מיתקן ניתוק
- 7 הדק המופע
- 8 הדק הארקה
- 9 שלט נתונים



- U_{max} מתח מירבי (שלוב) של הרשת (ק"י)
- K_e מקדם התלוי בשיטת ההארקה של הרשת וערכיו:
- $K_e=1.4$ ברשת עם נקודת אפס מאורקת בקשיחות
- $K_e=1.75$ ברשת עם שיטת הארקה אחרת

זרם פריקה נקוב - I_R

זרם הפריקה הנקוב (I_R) של מגן הברק המיועד להתקנה ברשתות חלוקה במתח גבוה הוא, בדרך כלל, 5 ק"א.

לצורך הגנה על ציוד במתח גבוה, הממוקם בתחנות המשנה של חברת החשמל, משתמשים, בדרך כלל, במגני ברק עם זרם פריקה נקוב של 10 ק"א.

הערכים של 5 ו-10 ק"א הם ערכי השיא של הזרם הנגלי בעל אופיין סטנדרטי של 8/20 מיקרושניות. ערכים אלה הם ערכים מומלצים לבחירת מגני ברק ברשתות חלוקה במתח גבוה.

רמת הגנה - PL (Protection Level)

רמת ההגנה (PL) של מגן ברק המיועד להתקנה ברשת חלוקה במתח גבוה היא הערך המירבי מבין שלושת הערכים הבאים:

א. מתח פריקה שיורי (U_{RB}), עבור זרם הפריקה הנקוב של מגן הברק (I_R).

ב. מתח פריצה בגל ברק סטנדרטי (U_{LIS}) - גל בעל אופיין של 1.2/50 מיקרושניות.

ג. מתח פריצה בחלקו החזותי של הגל מחולק ב-1.15 $\left(\frac{U_{POW}}{1.15}\right)$

כדי להשיג הגנה טובה בפני מתח יתר של הציוד המוגן רמת ההגנה (PL) של מגן הברק לא תעלה על הערך הבא:

$$PL \leq \frac{BIL}{K_S} \quad (2)$$

כאשר:

BIL - רמת הכיבוד הבסיסית של הציוד המוגן (ראה איור 2)

K_S - מקדם ביטחון ערכיו:

$K_S \geq 1.4$ - לפי תקן IEC 71-2 (מקובל, בדרך כלל, באירופה)

$K_S \geq 1.2$ - לפי תקן ANSI C62.2 (מקובל, בדרך כלל, בארה"ב)

יש לציין, שלצורך חישוב רמת ההגנה של מגני הברק חייבים להתחשב גם במרחק שבין מגן הברק לבין הציוד שעליו הוא מגן. כאשר מרחק זה גדול מאוד, רמת ההגנה עלולה להתבטל והציוד נשאר חשוף לפגיעות ברקים.

מגני ברק מדגם מטאל אוקסייד

עבור מגן ברק מדגם מטאל אוקסייד חשוב להקפיד שמתח העבודה הרציף שלו (Continuous Operating Voltage - U_C) יהיה גדול מהמתח המירבי העשוי להופיע בין הדקוי בעבודה רגילה במקום התקנתו ברשת.

עבור מגני ברק מסוג זה, המחוברים בין מופע לאדמה, מתח העבודה הרציף והמתח הנקוב מחושבים כמפורט להלן.

מתח העבודה הרציף U_C והמתח הנקוב U_R

הערך המותר של מתח העבודה הרציף U_C של מגן הברק נקבע לפי הביטוי הבא:

$$U_C \geq \frac{U_{TMAX}}{K_{TC}} \quad (3)$$

כאשר:

U_{TMAX} - מתח היתר החולף המירבי היכול להופיע ברשת כתוצאה מתקלה לאדמה, המתרחשת במרק זמן של t_E עד לניתוק ההזנה

K_{TC} - מקדם מתח היתר החולף (U_T) מתקבל מעקומה אופיינית של היצרן בהעמסה מקדמת (Prior Duty)

את מתח היתר החולף המירבי (U_{TMAX}) ניתן לחשב מהביטוי הבא:

$$U_{TMAX} = \frac{U_{max} \cdot K_e}{\sqrt{3}} \quad (4)$$

כאשר:

U_{max} - מתח מירבי (שלוב) של רשת החלוקה (ק"י)

K_e - מקדם התלוי בשיטת ההארקה של הרשת, שערכיו מפורטים לעיל

t_E - משך התקלה וערכו הם: ברשת מאורקת בקשיחות $t_E=1 \text{ sec}$

ברשת מאורקת באמצעות גז או שנאי הארקה $t_E=10 \text{ sec}$

ברשת מאורקת באמצעות סליל פטרסון $t_E=7,200 \text{ sec}$

ערכו של מקדם מתח היתר החולף K_{TC} ניתן על ידי הביטוי הבא:

$$K_{TC} = \frac{U_T}{U_C} = f(t_E) \quad (5)$$

כדי לקבוע את הערך המותר U_C , יש להוציא מהעקומה המתאימה לנוסחה (5), הניתנת על ידי היצרנים של מגני הברק, את הערך K_{TC} לפי זמן התקלה t_E המוגדר לעיל, וכן את הערך U_{TMAX} המחושב בנוסחה (4) ולחשב את הערך U_C לפי נוסחה (3).

הערך המותר של המתח הנקוב U_R נקבע לפי אחת מהשיטות הבאות:

א. אם מתח היתר החולף (U_T) ניתן על ידי היצרן לפי עקומה הנגזרת מנוסחה (5), אזי הערך המותר של המתח הנקוב (U_R) מתקבל מהביטוי הבא:

$$U_R = \frac{U_C}{0.8} \quad (6)$$

ב. אם מתח היתר החולף (U_T) ניתן על ידי היצרן כמכפלה של המתח הנקוב (U_R), כלומר במקום מקדם K_{TC} ניתן מקדם K_{TR} , בהעמסה מוקדמת, המתבטא בעקומה:

$$K_{TR} = \frac{U_T}{U_R} = f(t_E) \quad (7)$$

אזי המתח הנקוב U_R מחושב מהביטוי הבא:

$$U_R > \frac{U_{TMAX}}{K_{TR}} \quad (8)$$



Test) היא אחת הבדיקות החשובות ביותר המאפשרות לבחון את היכולת של מגן הברק להתמודד עם תופעה זו.

מגיני ברק מדגם וארינאפ נמצאים בשוק שנתיים בלבד והניסיון הקצר שהצטבר אינו מאפשר להסיק מסקנות חד משמעיות לגבי השימוש בהם. אולם בבדיקת מגיני ברק אלה הוכח שהם משלבים יתרונות של שני הסוגים האחרים של מגיני הברק תוך התמודדות טובה עם החסרונות של שני הסוגים הללו.

השוואת האופייניים של מגיני הברק

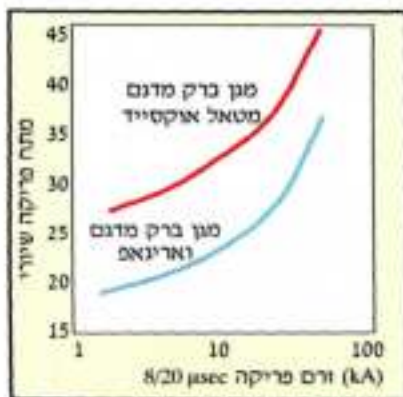
השוואת האופייניים של סוגי מגיני הברק השונים נעשתה לגבי הגורמים הבאים:

- מתח פריקה שיורי
- עמידה במתחי יתר חולפים
- זרם נילוח

מתח פריקה שיורי

מגיני ברק מדגם וארינאפ מצטיינים במתחי פריקה שיוריים נמוכים ביותר: כ-30% פחות ממתחי הפריקה השיוריים של מגיני ברק מדגם מטאל אוקסייד וכ-40% פחות ממתחי הפריקה השיוריים של מגיני ברק מדגם מירווחי פריצה.

איור 7 מציג לשם השוואה את עקומות מתחי הפריקה השיוריים של מגיני הברק מדגם וארינאפ ומגיני הברק מדגם מטאל אוקסייד (מתאימים לרשת 12 ק"ו).



איור 7
השוואה בין מתחי הפריקה השיוריים של מגיני ברק

השוואה בין שלושת הסוגים של מגיני הברק

מגיני ברק מדגם מירווחי פריצה נמצאים בשוק פרק זמן ארוך יותר בהשוואה למגיני ברק מדגמים אחרים. הם אמינים מאוד, והניסיון שהצטבר במשך תקופת השימוש בהם הוא רב וטוב. למרות זאת, יש למגיני ברק אלה חסרונות, אשר גרמו לפיתוחם של מגיני ברק מדגמים אחרים. אחד החסרונות של מגיני ברק מדגם מירווחי פריצה הוא הירידה בכוח ההצתה של מירווחי הפריצה תוך כדי פעילות רב פעמית של מגן הברק. כתוצאה מכך מתרחשת עלייה חדה של המתח השיורי והוצאה פתאומית של מגן הברק מכלל שימוש.

נוסף לכך, קיימת בעיית הזרם הנילוח התורמת להרעת תנאי ההצתה של מירווחי הפריצה. כאמור, הזרם הנילוח טרד כתוצאה מהיווצרות קשת בתוך מירווחי הפריצה. קשת זו מהווה מוליכות עבור מתח הרשת. זרם זה דועך בזמן המעבר דרך ה"אפס" של הסינוסואידה. הזרם הנילוח הוא בעל עוצמה רבה ולכן הוא גורם לנזקים פנימיים במגן הברק.

מגיני הברק מדגם מטאל אוקסייד נמצאים בשימוש בעולם למעלה מ-10 שנים. הם תפסו מקום נכבד במשפחת מגיני הברק הודות ליכולתם לפתור את הבעיות שצוינו לעיל. פתרון הבעיות התאפשר בגלל האופי הלא ליניארי של מגיני ברק אלו (האופיין $U=f(I)$ חד מאוד).

לכן, במגיני ברק מדגם מטאל אוקסייד בעיית מירווחי הפריצה לא קיימת, הזרם הנילוח מדוכא באופן אוטומטי על ידי הנגדים הלא ליניאריים וערכי המתח השיורי אינם משתנים לאורך הזמן.

אולם קיימת בעיה רצינית מאוד, האופיינית למגיני ברק מדגם מטאל אוקסייד – בעיית היציבות התרמית. בזמן פריקה של כמויות אנרגיה גדולות, הדיסקיות העשויות מתחמוצת מתכתית פולטות חום רב. כאשר הדיסקיות לא מספיקות להתקרר היטב תוך פרק זמן מסוים נגרם להן נזק בלתי הפיך. לפיכך, בדיקת עמידות תרמית (Thermal Stability)

כאשר:

K_{TR} – שך המקדם לפי עקומת המתקבלת מנוסחה (7) בזמן תקלה I_E

U_{TMAX} – מתח היתר החולף

זרם פריקה נקוב – I_R

שכו של זרם הפריקה הנקוב (I_R) נקבע לערך של 5 ק"א או 10 ק"א, כפי שמומלץ במקרה של מגיני ברק מדגם מירווחי פריצה.

רמת ההגנה – PL (Protection Level)

רמת ההגנה PL של מגיני ברק מדגם מטאל אוקסייד, המיועדים להתקנה ברשת חלוקה במתח גבוה, הוא הערך המיזימי מבין שני הערכים הבאים:

א. מתח פריקה שיורי (U_{RD}) עבור זרם הפריקה הנקוב של מגן הברק (I_R).

ב. מתח פריקה בגל תלול עבור זרם הפריקה הנקוב של מגן הברק

$$\text{מחולק ב-} 1.07 \left(\frac{U_{RDS}}{1.07} \right)$$

כדי להשיג רמה טובה של הגנה על הצויד,

לא תעלה רמת ההגנה על הערך $\left(\frac{BIL}{K_S} \right)$

כמו במקרה של מגיני ברק מדגם מירווחי פריצה.

מגיני ברק מדגם וארינאפ

היות שמגיני ברק אלה הם שילוב בין מגיני ברק מדגם מירווחי פריצה ומגיני ברק מדגם מטאל אוקסייד, בחירת האופייניים שלהם תהיה כדלקמן:

א. מתח עבודה רציף (U_C) ומתח נקוב (U_B) יהיו כמו במקרה של מגיני ברק מדגם מטאל אוקסייד.

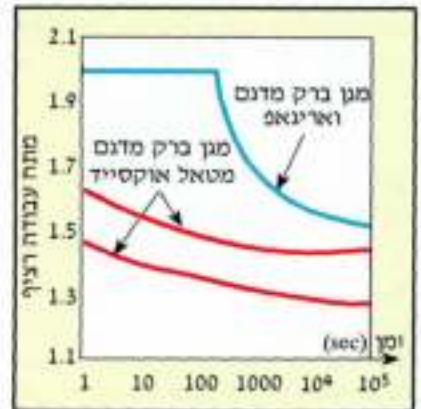
ב. שכו זרם פריקה נקוב (I_B) הם 5 ק"א או 10 ק"א.

ג. רמת ההגנה היא כמו במקרה של מגיני ברק מדגם מירווחי פריצה או מדגם מטאל אוקסייד (תלוי בנתונים הטכניים ובהמלצות של היצרן).



עמידה במתחי יתר חולפים

מגיני הברק מדגם ואריגאפ עמידים במתחי יתר חולפים גבוהים במיוחד. מתחים הגבוהים ב-50% מהמתחים שבהם עומדים מגיני הברק מדגם מטאל אוקסייד. איור 8 מציג לשם השוואה את עקומות העמידות במתחי יתר חולפים של מגיני הברק מדגם ואריגאפ ומגיני ברק מדגם מטאל אוקסייד (מתאימים לרשת 12 ק"ו).



איור 8

השוואת העמידות במתחי יתר חולפים בין דגמי מגיני הברק השונים

זרם נילווה

השוואת הזרם הנילווה במגיני הברק מהסוגים השונים מראה:

■ שיכו נדול במקרה של מגיני ברק מדגם מירווחי פריצה.

- הוא כמעט לא קיים במקרה של מגיני ברק מדגם מטאל אוקסייד.
- שיכו נמוך מאוד במקרה של מגיני ברק מדגם ואריגאפ.

באיור 9 מוצגת השוואה גרפית של הזרם הנילווה בין הדגמים השונים של מגיני הברק.

סיכום

מאמר זה הביא סקירה על הדגמים השונים של מגיני הברק הקיימים בשוק, הכוללת הסבר על עקרון הפעולה של כל אחד מהדגמים.

כש כן, הציג מאמר זה הסבר עקרוני לגבי דרישות ההתאמה בין הנתונים הטכניים של מגן הברק לבין הרשת עליה הוא מיועד להגן, בהתייחס לדגמים השונים של מגיני הברק.

המידע המופיע במאמר זה הוא ברמה בסיסית בלבד. לצורך תכנון רשת חלוקה המכילה מגיני ברק יש צורך ללמוד את הנגש בצורה מעמיקה ויסודית יותר.

בחירת מיקום התקנת מגיני הברק ברשתות חלוקה היא "תורה" מורכבת הדורשת ידע וחישובים. עקרונות "תורה" זו, ממצאים ומסקנות לגבי מיקום מגיני ברק יוצגו במסגרת מאמר נוסף שיתפרסם בקרוב ב"התקע המצדיע".



איור 9

השוואה של הזרם הנילווה בין סוגי מגיני הברק השונים

אתר תחנת הכוח "מאור דוד" מתרחב (המשך מעמוד 2)

באתר תחנת הכוח "מאור דוד" הולכת ונבנית תחנת כוח טיפת המכונה מ"ד ב'. בשנות השיא של הקמת התחנה יועסקו באתר כ-2,000 עובדים, למעלה ממחציתם עובדי חברת החשמל, והיתר – עובדי קבלנים. ייצור החשמל ביחידה הראשונה אמור להתחיל במחצית שנת 1996. היחידה השנייה תכנס לפעולה כשנה לאחר מכן. מערכת שינוע הפחם, אוחסון הפחם, בריכת מי קירור ואתר הדלק הנוזלי יהיו משותפים לתחנה הקיימת – מ"ד א' ולתחנה החדשה – מ"ד ב'.

ביסוס התחנה החדשה נעשה באמצעות כלונסאות, שקוטרים 90, 120 ו-150 ס"מ, במזמק של 40-60 מטר. שלד התחנה עשוי מפלדה ומשקלו 13,000 טונות. צינורות מי הקירור, בקוטר של 96" וכ-2.5 מטר, עשויים מפברגלס תוצרת הארץ. צינורות המעבירים עשויים מטייטניום (לראשונה בארץ). משקל הסטטור כ-250 טונות. משקל תוף הדוד כ-240 טונות. המשחן הסופי, שמשקלו כ-260 טונות, הורכב על הרצפה, רוחב באמצעות כ-1,400 ריתוכים והורם לגובה של 70 מטר. בתחנה כ-16,000 כבלי חשמל. בחדרי הפיקוד של התחנה מותקנת מערכת בקרה אלקטרונית, שהיא מהמשוכללות והמדרגיות הקיימות. הארובה החדשה הסתנשאת לגובה של 300 מטר (במיד א' גובה הארובות הוא 250 מטר) תתרום לשמירה על איכות הסביבה. פרויקט ענק בכל קנה מידה:

המפקחים והעובדים באתר מקפידים על שמירת לוח הזמנים, עמידה בתקציב ואיכות העבודה.



שאלות ותשובות בנושאי הכשרה מקצועית והשתלמויות

חשמלית, הן בנושאים המעניינים אותך – גופי תאורה – וסוקר מבחר רב של גופי תאורה, כיצד ומתי ניתן לשלב אותם במערכות שונות. הספר, שהוא חדשני בתחום זה, מגיש את החומר באופן ברור ומענין. הספר יצא בהוצאות מטי"ח, רחי קלאזר 16, רמת אביב, תל אביב, והוא נמצא למכירה חופשית בחנויות הספרים. אזי מקווה שעצותי תסייענה לך.

אני טכנאי קירור, בונר בית ספר לטכנאים ומחזיק בדיפלומה ובתעודת רישום בנקס הטכנאים.

הבנתי מתקנות החשמל שעלי להחזיק ברישיון חשמל מטוס עיסוקי בנושא. פניתי ליחידת החשמל במשרדכם וקיבלתי רישיון חשמל מסוג חשמלאי שירות המייבא את כוחי לתכנן ולעסוק במערכות חשמל במתח נמוך (50-1,000 וולט) ובעוצמת זרם של 25x1 אמפר.

היות שאני עובד בנושא חדרי קירור, הרי שאני נזקק לרישיון שיאפשר לי לתכנן ולהפעיל מערכות תלת מופעיות שעוצמת הזרם בהן עולה על 25 אמפר.

איך לדעתכם עלי לנהוג?

כדי לעמוד בדרישות חוק החשמל והתקנות בדבר רישיונות (ק"ת 4778), עלך להחזיק ברישיון מסוג "חשמלאי מסמך".

מתוכן מכתבך אני לומד, שאתה מוכן ללימודים נוספים אשר ירחיבו את ידיעותיך וסמכותך המקצועית. תוכל להגיע למצב בו תחזיק ברישיון "חשמלאי מסמך" על ידי לימודי יום או ערב באמצעות האוניברסיטה הפתוחה (טל' 03-6460211). כמו כן פתוחה בפניך דרך של בחינות אקסטרניות.

אני מאחל לך הצלחה בלימודיך.

למשל עקרון מערכת בקרה, שיטות מדידה שונות של מפלסים, טמפרטורות ומדידות ספיקה. כמו כן עוסקת ההשתלמות בבקרים תעשייתיים מסוגים שונים ושילובם בחוגי בקרה.

עלי לציין שהקורס מתקיים בימי חמישי בשעות אחר הצהריים ובימי שישי עד לצהריים. הקורס מתאים לאיש כמוך ומסרע בצורה מיזערית למהלך העבודה הסדירה.

לקבלת פרטים ניתן לפנות אל מר אהרון מאיר במדרשת רופין, טל' 053-685131.

אני חשמלאי ותיק ומחזיק ברישיון חשמלאי ראשי. אני ממונה מבחינה מקצועית על מספר רב של עובדים. תחומי העיסוק שלי הם, בעיקר, מערכות חשמל ביתיות ותעשייתיות ומערכות תאורה.

הסתבר לי כי הידע שלי בנושא תאורה בנוי, בעיקר, מנסיוני המעשי בתעשייה. ידע זה הוא מקרי ובלתי שיטתי, וכאשר אני נדרש ליעץ בנושא אני חש בהסר ידע מקצועי רב הן בתחום הכרת גופי תאורה והן בתחום בחירת גוף תאורה מתאים. אני קורא אנגלית בקושי רב, אבל מסתדר. אבקש את עצתך לגבי ספרות מקצועית הולמת בעברית.

אני מודה לך על גילוי הלב. לא כולנו יודעים ומוכנים לעמוד במצב של הצהרה על חוסר ידע כפי שאתה נהגת.

לגופי של עניין. ברצוני להודיעך כי בקרוב מאוד תיפתחנה השתלמויות בנושא תאורה, אשר תהיינה מיועדות לבעלי מקצוע בחשמל.

כמו כן, אני שמח להודיע לך ולכל ציבור החשמלאים המעוניינים, כי זה עתה יצא לאור ספר **בעברית** "תאורה

אני אזרחית המדינה מעוניינת לברר מדוע בני, חייל בשירות סדיר בצה"ל, צריך לממן מהמשכורת הצבאית שלו את הרישיון של חשמלאי עוזר.

בני סיים ביולי 1992 את בית הספר במגמת חשמל וקיבל ממשרדכם תעודה של חשמלאי עוזר. כיום משרת בני כחייל בשירות סדיר למשך שלוש השנים הבאות. מאיזה כסף אמור בני לשלם למשרד העבודה את האגרה הנדרשת בנין הרישיון של חשמלאי עוזר. האם לא די להורים להחזיק חייל בשירות סדיר?

אבקש אתכם לברר את הנושא ואשמח לקבל תשובה הגיונית.

תודה על עירנותך לנושא. בתקנה 38 של תקנות החשמל בדבר רישיונות משנת 1985 (ק"ת 4778) נאמר:

"עובד מדינה שהרישיון דרוש לו לצורך מיילוי תפקידו, פטור מתשלום האגרה."

לפיכך, בנך וכל חייל או עובד מדינה פטור מתשלום האגרה.

באחד הגיליונות הקודמים של "התקע המצדיע" קראתי על אודות קורסים והשתלמויות. אני חבר קיבוץ בצפון וקשה לי להגיע למערכת ההשתלמויות המתקיימת בשעות הערב.

לפיכך, אודה לך אם תספק לי מידע בדבר השתלמויות בנושא מיכשור מערכות בקרה, אשר יתנו לי אפשרות להשלים את הידע החסר לי, וזאת כדי שאוכל לתת תשובה לצרכים הטכנולוגיים של המפעל בקיבוץ.

לשמחתי יש בידי תשובה עניינית לצרכיך. במדרשת רופין אשר בעמק חפר מתקיים קורס השתלמות בנושא. תוכנית הקורס כוללת תכנים, שנבנו בהתאם לצרכים,

ד תרזה – מפקח ארצי לחשמל ואלקטרוניקה האגף להכשרה ופיתוח כוח אדם משרד העבודה והרווחה

מדור שרות פרסומי לקוראים

"התקע המצדיע" מס' 53



למעוניינים במידע נוסף:

כדי לקבל סידע נוסף:

1. סמן בתלוש השרות הפרסומי את מספרי המודעות בהן יש לך ענין במידע נוסף.
2. מלא את שמך וכתובתך, בכתב יד ברור.
3. עלה את תלוש השרות הפרסומי (בשלמותו) או העתק ממנו, לפי כתובת המערכת: מערכת "התקע המצדיע" ה-ד. 8810 חיפה 31086.

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

תלוש שירות פרסומי למידע נוסף

לכ"ב מערכת "התקע המצדיע"
ת.ד. 8810 חיפה 31086.

שם: מקצוע:

חברה/מוסד/מפעל: תפקיד:

המען לתשובות: דל'
דלוב/שכונה / מסבר

ישוב: מיקוד:

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

53/13 53/12 53/11 53/10 53/9 53/8 53/7 53/6 53/5 53/4 53/3 53/2 53/1
53/26 53/25 53/24 53/23 53/22 53/21 53/20 53/19 53/18 53/17 53/16 53/15 53/14
53/37 53/36 53/35 53/34 53/33 53/32 53/31 53/30 53/29 53/28 53/27

הודעה למערכת:

התלוש למידע נוסף יענה עד יום 31.7.93. לאחר תאריך זה יע
להפנות את בקשות המידע ישירות לחברות המפרסמות

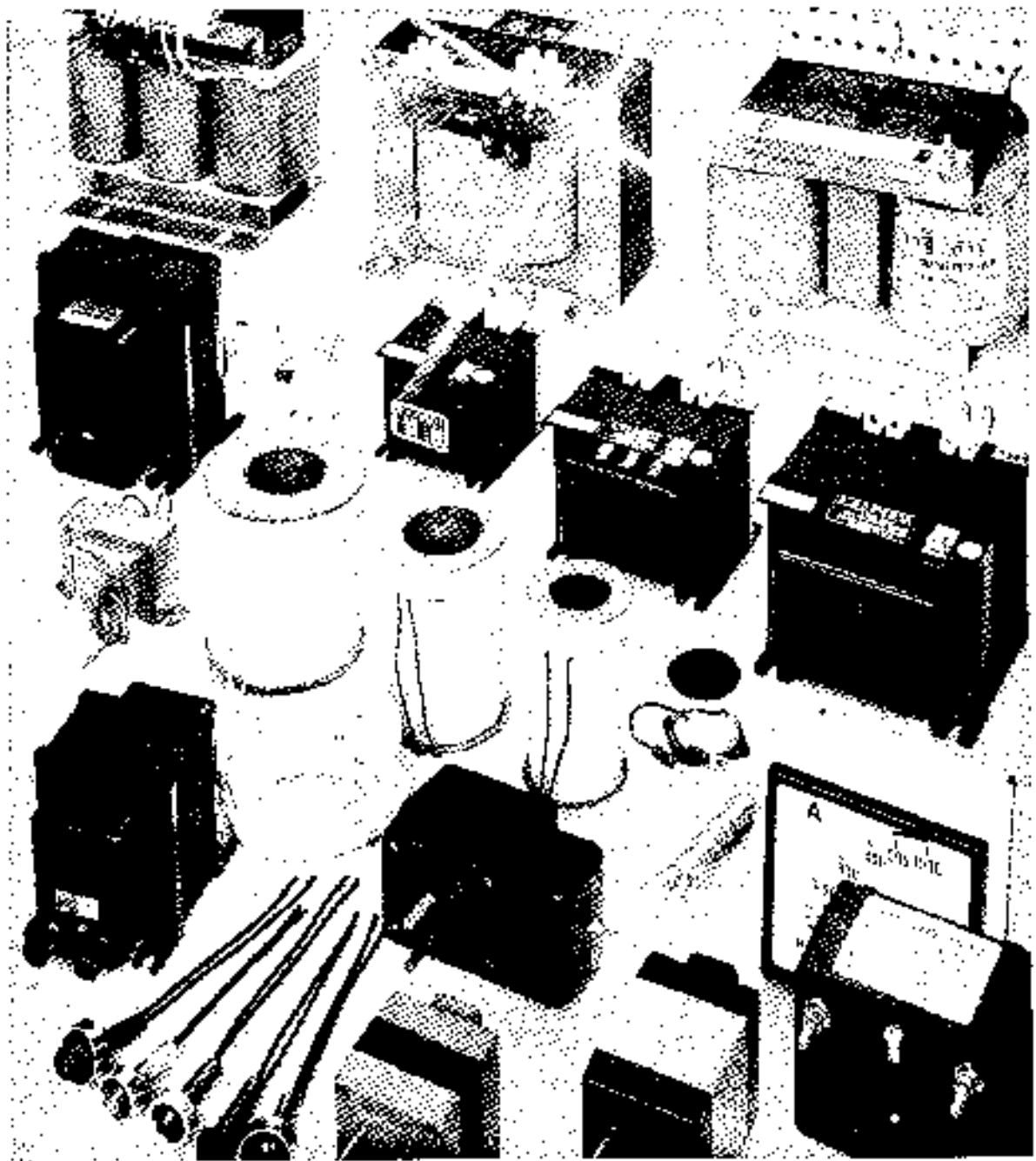


נוסד 1970

ברק כח

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

- ★ שנאים לטרנספורמטוריות יבוא ותצוא בימי
- ★ להרכבה בלוחות חשמל ומתקני חשמל.
- ★ שנאי אוטוטרפו להחזרת סוגים חשמליים עד
- ★ 250HP כח סוס.
- ★ משנה זרם לאמפרמטר לרכבה בלוחות חשמל.
- ★ שנאים להפעלת מכשירי חשמל אמריקאים 230/115v.
- ★ שנאים לפיקוד ובקרה במערכות חשמל.
- ★ שנאים להפעלת נורות הלוגן 12v-250v.
- ★ מוצרי לפי דרישת מו"ל, ת"י - 899.
- ★ 790 מספר הבטחון מס' 0683084617



רח' חוהג 8 פינת הר ציון ופ' תל אביב 66538 טל: 03-377692, פקסימיליה 03-370475
להשיג בכל בתי המסחר לחומרי חשמל בארץ



אנרלק בע"מ ENERLEC LTD.

שרותי הנדסה ובדיקות למתקני מתח גבוה, עליון וזרם חזק

חברת אנרלק בע"מ נוסדה ע"י צוות מומחים בעלי ידע וניסיון של למעלה מ-25 שנה, בתחום תיפעול, אחזקות ובדיקות של מתקני חשמל 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:

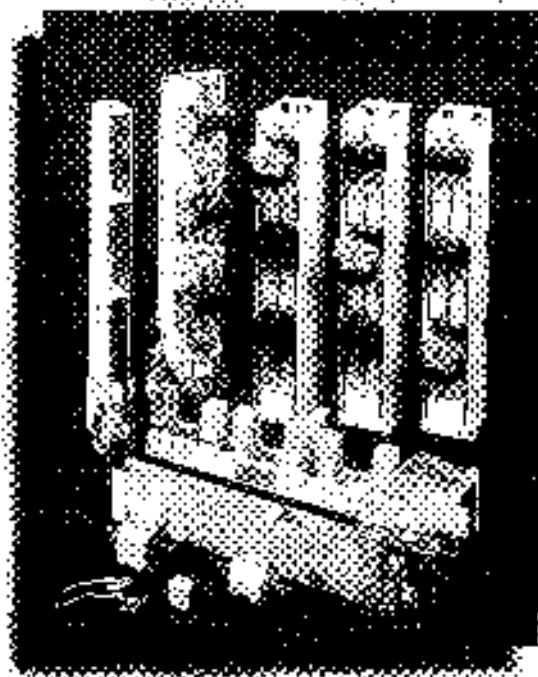
- ★ יעוץ הנדסי מונע.
- ★ שירותי אחזקה שוטפת או תקופתית.
- ★ שירותי קריאה לאיתור תקלות.
- ★ בדיקות שמנים ממוחשבות – טיפול וחינוש שמנים.
- ★ שיפוץ ותיקון ציוד מתח גבוה.
- ★ סריקה טל-אופטית במערכות חשמליות.
- ★ סריקה טרמית לגילוי מקורות חום במערכות חשמליות.
- ★ בדיקות הגנות עד 100,000 אמפר ועד 100,000 וולט.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

נא לפנות לחברת:



אנרלק בע"מ

בדיקות התאמה לתקנים • בדיקות קבלה • כיוול הגנות • איתור תקלות
ד.ג. תל יצחק, מיקוד 45805, טל. 053-650980/1, פקס: 053-650978



היצרן היחידי בישראל
 לציווד מיתוג שלקבל הסמכה
 לסמן את מוצריו
 בתו: תגן אידופאים



א ר ק ו ב ק ר ה AC



- ציווד מיתוג 500V עד 1250A
- משפחת ציווד חשמלי, בדוד כפול
- חפצי קרזונט ופוליאסטר משודרים
- ציווד לתיבורי חשמל לבתים ולגנייה



מקבוצת אריאל

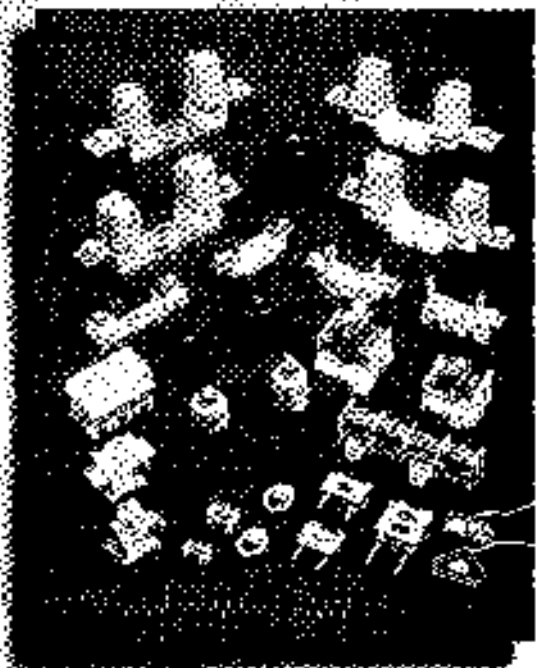
100%
ייצור מקומי

כחול לבן
בטיחות ואיכות
בפתרון בעיות
מיתוג השמל



אלקטרוניק בע"מ

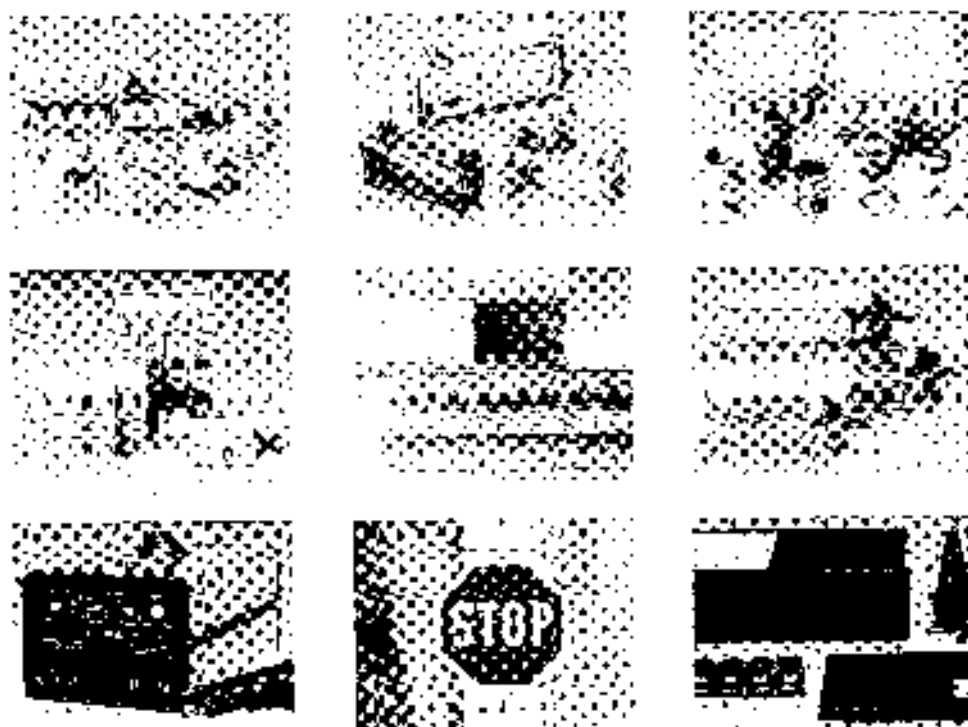
- בסיסי נתיכים לכסר ויזוק גבוה
- אביזרי חיבור והסתעפות
- אביזרים ללוחות חלוקה ופקוד



ראשון לציון, אזור התעשייה החדש, רח' שפירא 7 ת.ד. 4565 (75144) 03-9630844, פקס' 03-9614675

חברת אמבל מייצגת בארץ
את החברה הגרמנית
OBO BETTERMANN
למגוון ציוד המשמש
להתקנות חשמל בתעשייה,
לקבלנים, חשמלאים
וצרכנים שונים.

- קופסאות חיבורים
- מהדקי חיבורים
- כניסות כבל
- אבזרי חיבור שונים
- ציוד מגן לברקים
- ציוד הגנה נגד אש



OBO BETTERMANN

חברת אמבל
עומדת לשרותכם
במתן כל מידע שידרש
בנושא טכני, כספי
ותשמח לראותכם
בין לקוחותיה.



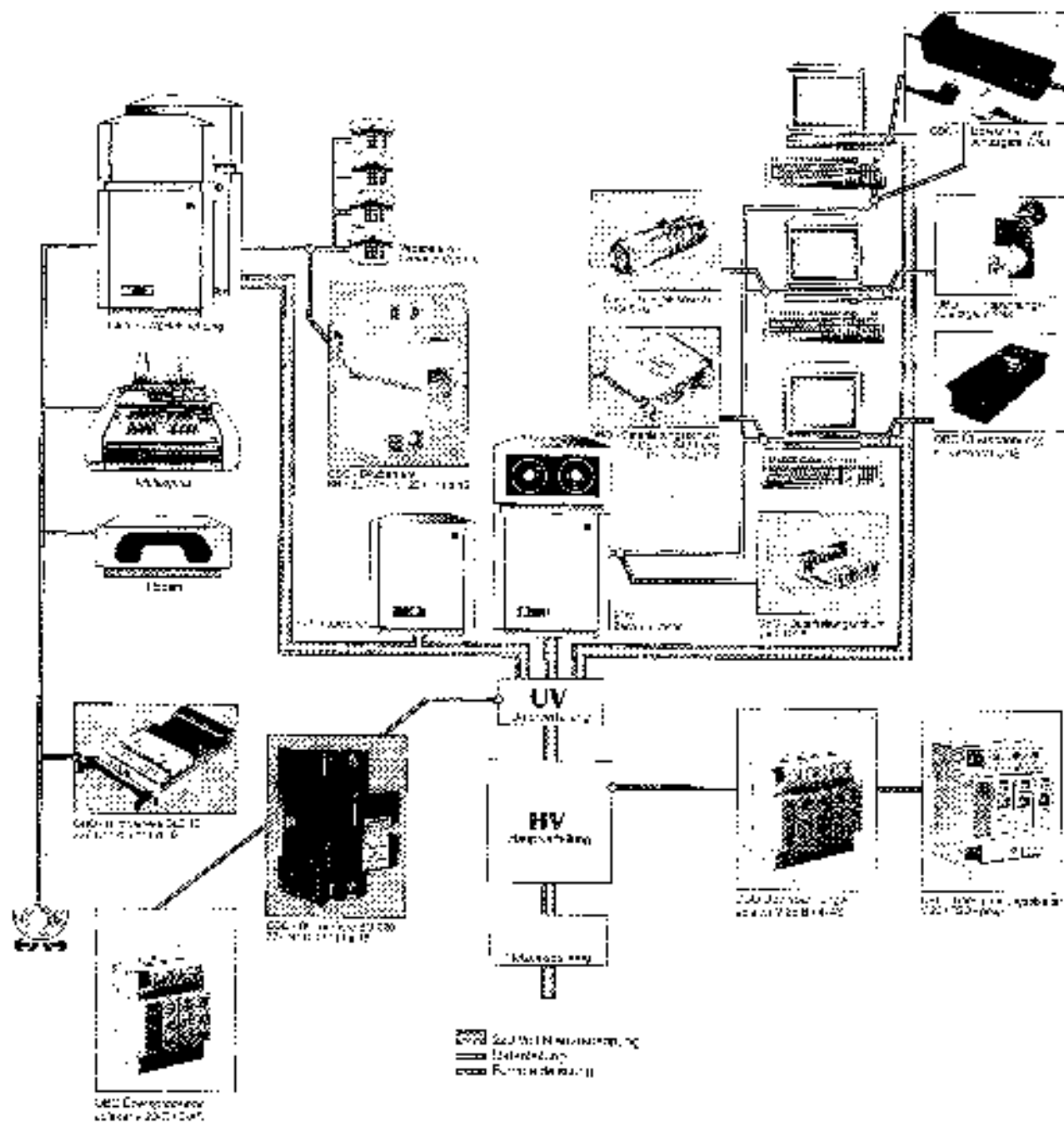
כתובתנו החדשה

רח' יגיע כמים 8 א.ת. קרית אריה, פתח תקוה
למכתבים: ת.ד. 3661 פתח תקוה 49130
טל. 03-9212010 (רב קו). פקס. משרד: 03-9212007
פקס. מחסן להזמנות: 03-9212008

אמבל 

OBO BETTERMANN

מגוון רחב של מגיני מתח יתר (ברקים)
 לרשת אספקה 230/400V, קווי תקשורת,
 בקרה, שידור והעברת נתונים.





מדרגונית™

SM-91



אוטומט מודולרי לחדרמדרגות

- ספירת הזמן מתחדשת עם כל לחיצה.
- זמן הדלקה מתכוון 1.5 עד 13 דקות.
- ניתן לכוון למצב הדלקה רציף.
- מוגן מפני ברקים והפרעות ברשת החשמל.
- מיועד לנורות ליבון 230V, 10A max

S.M.-3



פרסום "סגנון" חיפה

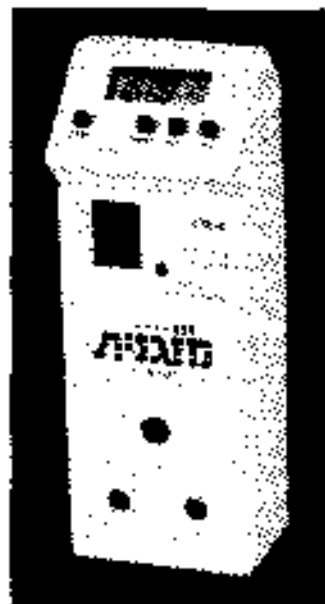
ON/OFF
עם השהייה זכרון
מופעל אוטומטית
לאחר ההשהייה

מדרגונית™

יחידת הגנה למזגנים עד 3 כ"ס

- מודולרי - מתאים להתקנה עה"ט או תה"ט בתוספת קופסה מתאימה.
- התקנה פשוטה ומהירה (ללא פתיחת המכשיר).
- ממסר המיתוג נבדק ע"י מכון התקנים.
- הגנה למזגן בדגמי מזגנית רבים.

S.M.-4



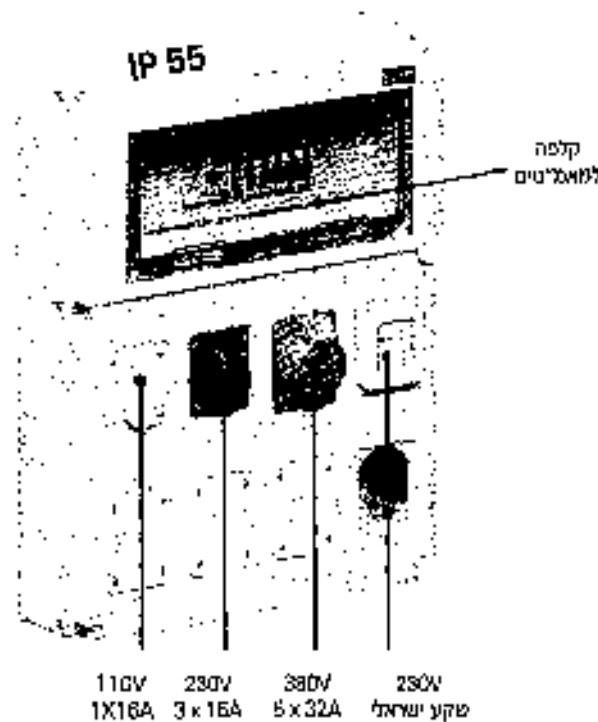
"שקע-תקע" עם השהייה,
זכרון והפעלה אוטומטית.
כולל שעון דיגיטלי + חרבה,
4 תוכניות הפעלה וכבוי.

יצרן - ש.מ. יוניברס אלקטרוניקה בע"מ 052-902975

הלוח האדולרי של

GEWISS

השתיה הישנה באישי, לזמן בלתי מאובל



אשכנזי • אופקים



- * התקנה מהירה וקלה
- * מכסה - דלת (הכרזים הם הצירים)
- * לוחות עם 3 עד 8 פתחים
- * בפתחים ניתן להרכיב ולהחליף את כל סוגי השקעים:
5 x 63A — 5 x 32A — 3 x 16A — 1 x 16A
- חב' זאב שמעון מייבאת את אביחרי גוויס מזה 17 שנה, כאז כן עתה,
אנו לרשותך בכל עת.

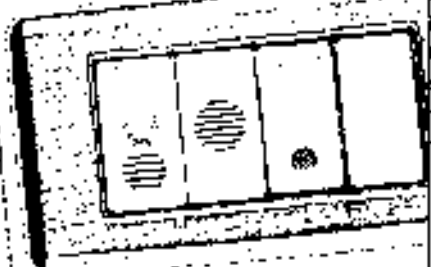
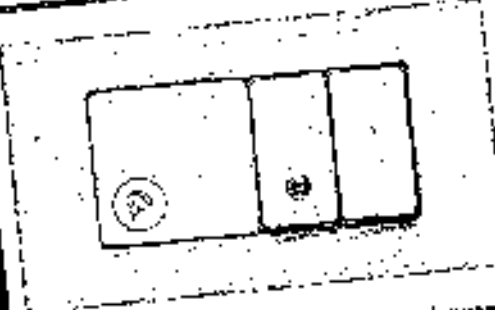
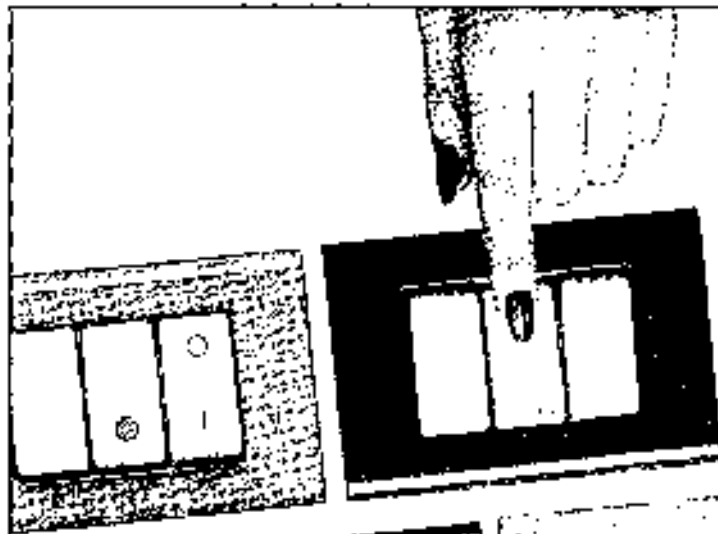
המודולרים של גוויס החלק הקל בעבודות החשמל

זאב שמעון בע"מ



להכלת מידע נוסף ובכל שאלה ובקשות, נא פנה למחלקת הטכנית
ר'ח' המפלסים 10, קריית אריה פ"ת סל': 03*8231227

שים את האצבע על גוים



חדים אוסלה הרכבת זאב שמעון בלום, שהביאו להקשריה
הישראלית בדרך אביחי השחל מהנחמדים ואמינים, הביאו את
החפכה שנות האלפים גם לחנוים ולשקעים בית וכמשידי.
זויס. סהיה סודולרית השלמת הכללת החמים, שקעים ואביחי
השחל, מחזרה בקלות בעיות סכנויה שהכירו עליך כהשטלאן,
הלקוחותק היא מפניקה עיצוב יפה, בטיחות מלצת, נוחות
בהפעלה והשתנות לעתיד.

- * בעזרת הדומה קצרה - שהיטון לך עם חיוך... וללא תשלום, הכול
להיובחה גם אנה ביוחמות הרבים של עבודה ב'סיסה נוחים'
התקנה נוחה וקלה, היסטון בקופסאות טעם.
- * מנוון יחידות הפעלה המכללת מלבד שקעים בטיחותיים
והפעלה תאורה, גם: תאורת התמצאות - חום, דימרים,
מסטרן, חזון, סלואידה, מחשב, ומקולטים, ודד, גלאי נפה,
תאורת פרוזות ועוד.
- * בסדרות המודולריות: מפקק זום פקט, לוחות לשקעים, ארמי
התקנה והיבנה.
- * באיטור מכוון התקנים הישראלים.

איכורי מייס ומעון החרמה השדות שלום התבני כי ניה
מענה מהיר לרדישותיו, לפחרון בעיות 'בשטוח'
לכן, אם מתעוררת שאלה משהו, אל תהסס למנות אלינו.
חבי זאב שמעון שהחלה בפעילותה בשנת 1974, מיבאת את
אביחי גויס מה 17 שנים. כאן בן ענה אנו לשיעור בכל עת
ביעוק, בטיע, בחכנת ובסחן והמאות.
ש'עשיו שים גויס בחכמת ש'ן והכנסת לך עוד לקנה חודצה.

זאב שמעון בע"מ

רח' המפלסים 10, קדיה-אריה, תלח תקוה
טל: 03-9231227, פקס: 03-923223
העוגה בתל-אביב: טל' וושינגטון 18
טל: 03-834117

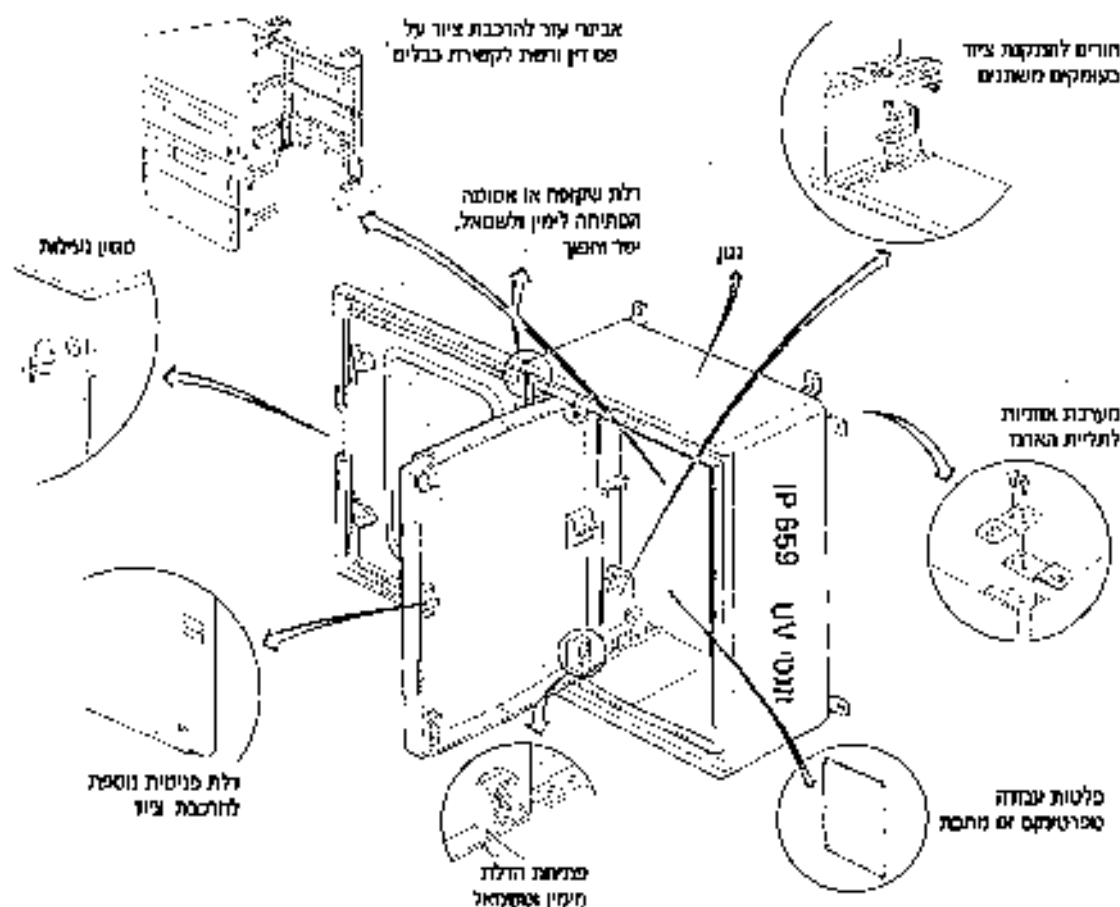


בחד גוים • והמפרט יהיה מושלם עד הפרט האחרון.

אביחי • אביחי

GEWISS

כל היתרונות בארגז פולי'אסטר מודולרי אחד



מלפנים • מאחור



- * אישור בזק
 - * מבחר צבעים
 - * מגוון גדלים ואביזרי עזר תואמים
 - * הסכום - אתה משלם רק עבור האביזרים הדרושים לך
- תב' זאב שמעון מייבאת את אביזרי גויס מזה 17 שנה, כאז כן עתה, אנו לרשותך בכל עת.

המודולרים של גויס החלק הקל בעבודות החשמל

זאב שמעון בע"מ

לקבלת מידע נוסף ובכל שאלה ובקשה, נא פנה למחלקה הטכנית רח' המפלסים 10, קריית ארזה פ"ת סל': 03-8231227

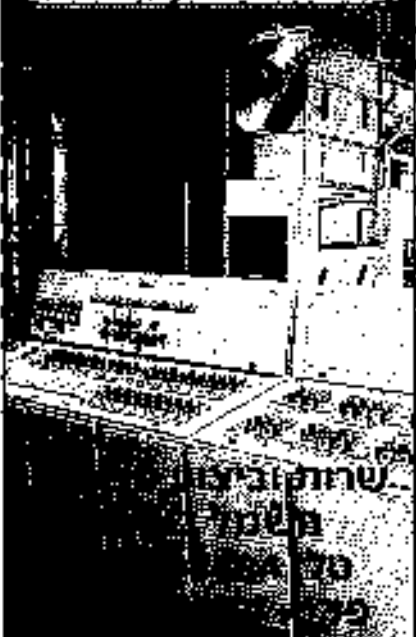
הכל

התחלתי להשתמש בכל-התחלתיים בעיקר לחשיפה מתכנתים במערכת שלי. מנגד, התחלתי לזרוח גבוה מערכות קוד נבדקה מערכות תאורה פנים וחוז' אשרותי אתמלה נחתם ומוסדות ככל הארץ.



עבודה

בניכסטר על לקטריק



שלנו

לפנינו תמיד עשיתי צוותי עבודה על מנת להיות אחראים לתעורה בולטת. מזה זמן רב, נהנים לפעול בארצות דרום-מזרח. קודמת השליחות הקבועה שלנו על יאה לקטריק הדוקים לפני מלקוחות אס' לחפ' גמב' הפל' ילק'.



לירד שיווק בע"מ

MFK
TECHNIK

לקי מותג וגודל ובעלים, היום שוקל לבנות 100 ק"ג, אגידו יש לא בבדי מד"ל

בשנת קר' דו תמלה חתורת אן משמעותיים 22 עולות מתרחבות, חתורת

אוד בויס קר' יט כמן מחש וחן קרעים / קר'ר

אם קראתם כנצלת, לירד, במחשבות בין עני דוחות הוא 2.5 אפסד להעמיתים 185 55% למטרון ינו על מוח // גוליבר בגנים למסקדות קולות המבלים המטורפות מיליון בכנות, כמן /

המורני לוחט פלארכבה ברו, למ' מירד פגג טיה גדול דע ממש לט

הקטירות כל כך קלה רכתי עם השטל כל כך חוד, סמאלט נבל

כמה מותגים בורה, העלנו הוא חוב המעורר למלא יו-סי, ומוכנות קריתל מוח ישרה אנה, בושחילית כל סדר //

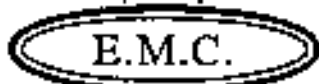
הגוליבר של התעלות

לירד שיווק החברה הוותיקה ביותר בישראל ביבוא ושיווק תעלות כבלים מחורצות, סולמות ותעלות רשת טל: 06-574434 פקס: 06-553357

צבידה פירמאט

א.א. סי.
מכיה פיקוד ובקרה בע"מ

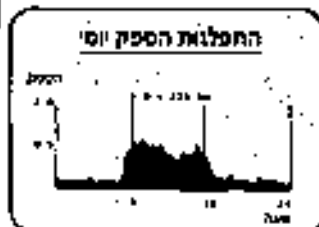
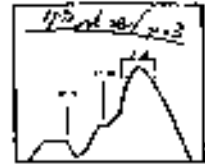
פקס: 09-509671



ENERGY MEASUREMENT
AND CONTROL Ltd.

09-588001

ת"ד 20, הרצליה 46474, ISRAEL



מדידות חשמל ממוחשבות

צברנו
אויסטיביון האבסורביון



- ☆ שרות
- ☆ מכירה
- ☆ השכרת ציוד

שירות מקצועי אמין

- ◆ מדידת פרופיל צריכה חשמלי
- ◆ רישום הפסקות חשמל
- ◆ מדידת הרמוניזם ומצבי מעבר
- ◆ בדיקת חשבון חשמל ע"י מדידה-

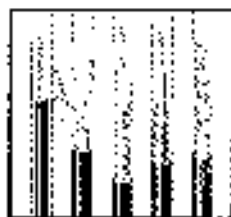
שווק ציוד מדידה ממוחשב

- מוני חשמל לתערו"ז
- בקרי מקדם הספק (cos φ)
- רב מודד ממוחשב ללוח חשמל
- מוני חשמל יחודיים
- רשמי הפסקות חשמל
- מדי ביודוד והארקה
- מונודות מדידה ייחודיות
- ציוד מדידה ייחודי לפי דרישת הלקוח

תחן פדומים 04-669071

י. קשטן חומרי

כבלים מכל הסוגים



- ★ כבלי אלקטרוניקה, פיקוד וקואקס.
- ★ כבלי פיקוד לבקרים, גמישים, מזוטפרים, מסוככים.
- ★ כבלי חשמל וכה.
- ★ כבלי טלפונים ודבנות.
- ★ כבלים לתנאי שטח קשים מסוג פוליאוריתן.
- ★ כבלים שעוזרים למעליות כננות ועגודנים.
- ★ כבלים חסיני אש PYRO, ELODUR.
- ★ כבלי מתת גבוה מבודדי XLPE.
- ★ כבלי מכשור רגילים ומשוריינים.
- ★ כבלים לי BAMBOO — CATV.
- ★ סיבים אופטיים.

SAB • KERPEN • EHLERSKABEL • NKF • DÄTWYLER • CAROL

תאורה ופיקוד תאורה

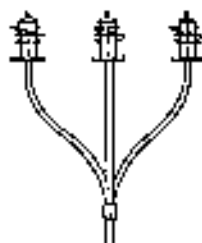
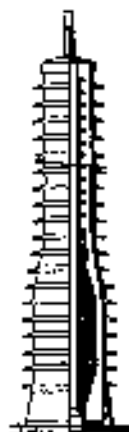
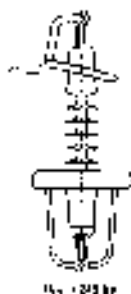
מוגנת מים, אבק, התפוצצות, תאורה ניידת, תאורת שטח ברכות ומיכלים, תאורת רכב צבאי ומטוסים, מפסקי תאורה, פיקוד תאורה דימרים לפלורוסנטים ומערכות שליטה מרחוק עד 12 KW.



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

אביזרי מתת גבוה

- ★ סופיות מסיליקון לכבלים שונים SF 6.
- ★ מבודדי סיליקון לדשת.
- ★ אבזרי חיבור, אינסטלציה וכלי עבודה.



High and Extra High Voltage Insulators



CARIBONI

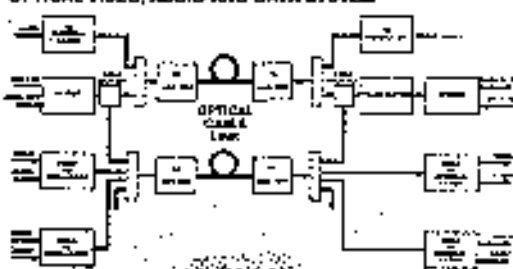
Pemali

חשמל בע"מ (נוסד 1932)

מערכות תקשורת אופטיות

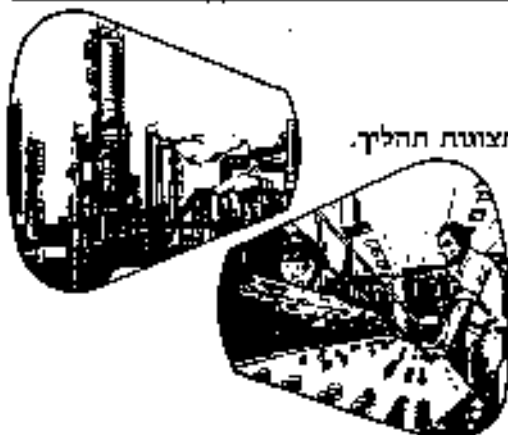
מערכות תקשורת (משדרים ומקלטים) עם סיבים אופטיים להעברת נתוני קול ותמונה לתעשייה, בקרת תנועה ו־CATV. תקשורת בין מחשבים ובקרים מתוכנתים. כבלים אופטיים METAL FREE, אבזור חיבור כלי עבודה ומכונות הלאמה לסיבים אופטיים.

OPTICAL VIDEO, AUDIO AND DATA SYSTEM



NKF

פיקוד ובקרה



- * מתמרים מכל הסוגים (טמפי זרם, מתח ועוד) חוצצים ותצוגות תהליך.
- * בקרת טמפ', לחץ, לוחות זרימה וטובה.
- * רגשי קרבה מיוחדים.
- * רגשי רעיונות.
- * ממברנות פיקוד למיכלי תערוכת בכל הגודלים.
- * כוחים אוטומטיים אתפוארדר לתעשיית המזון, בתו חולים, מעבדות ומערכות אינטלציה סניטריות.

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

ציוד מוגן התפוצצות



קופסאות, אבזורי פיקוד, שקעים ותקעים, מוזנעים, מפסקי זרם עד 180 A, מפסקי גבול וחוצצים מוגני התפוצצות, פעמונים תעשייתיים ומוגני התפוצצות. כניסות כבל ומתאמים בין הכרונות. מעברים מוגני אש לכבלים בין תודים.

ABB
ABB SYSTEMS DIVISION



EEExde, IIC T6.

BST - PEPPERS

י. קשטן חמרי חשמל בע"מ

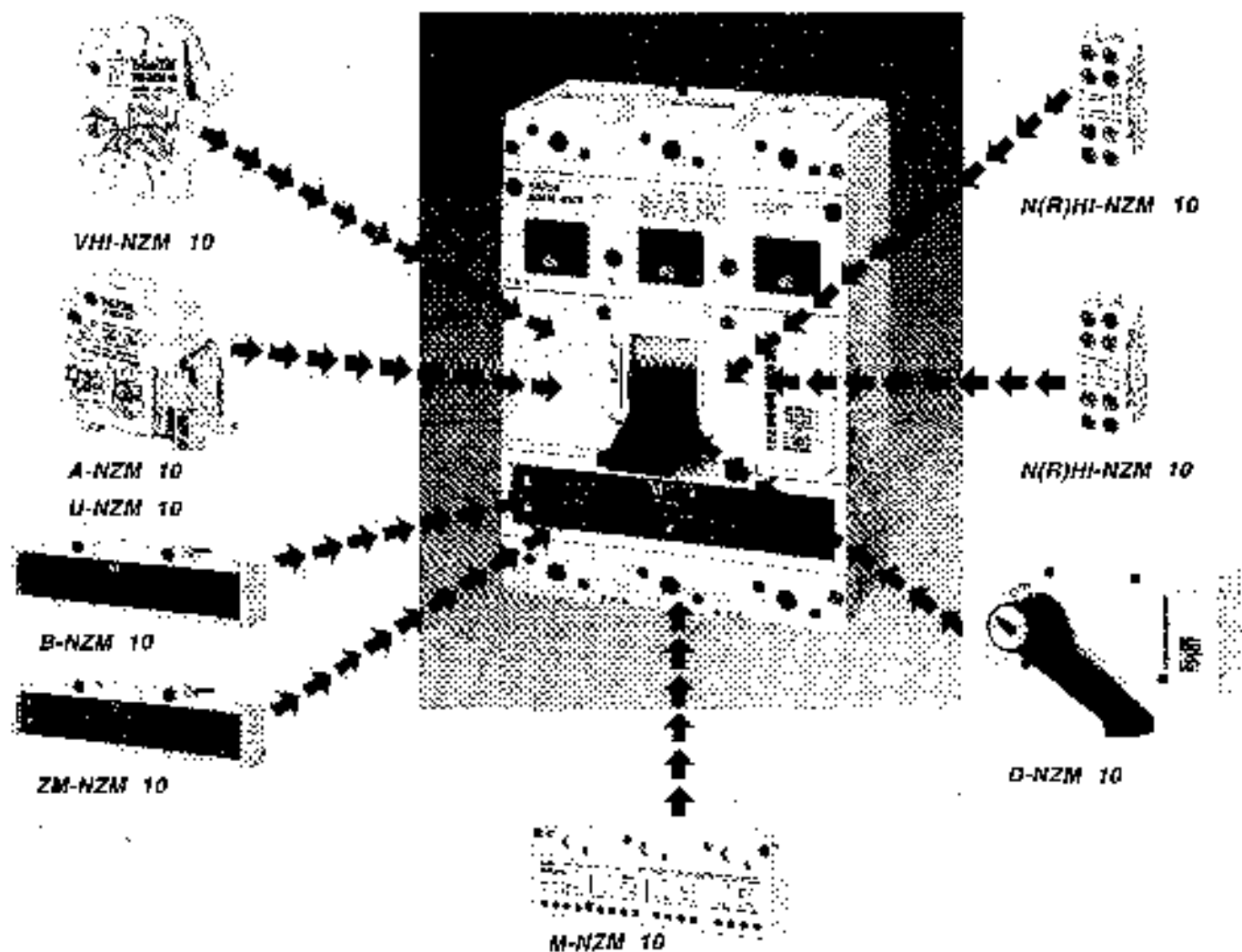
מחלקת מכירות: תל אביב 5, ת.ד. 802 תל-אביב
 טל. 03-810958 פקס: 03-835025

בסדרת מנתקי ההספק NZM

NZM 10 עד 630A

◆ מבחר אביזרי עזר
 ◆ הרכבת כל האביזרים מהחזית
 ◆ תלת וארבע קוטבי

◆ עיצוב חדש
 ◆ יחידות הגנה נשלפות
 ◆ מגוון צורות הפעלה



מגוון פריסתים 70, 100-669071-04

קצנשטיין אדלר ושו"ת בע"מ



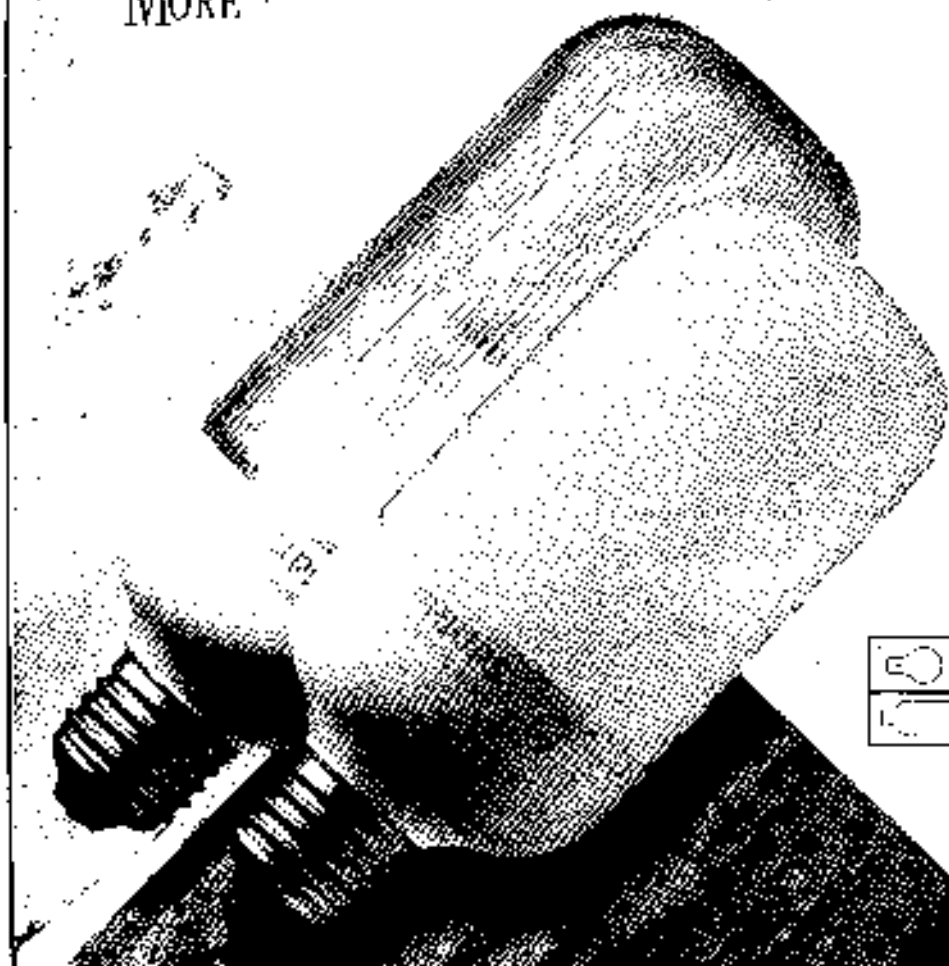
Philips Lighting



Product range information

נורת פלורסנט קומפקטית SL

THE LAMP
THAT SAVES
MORE



- ◆ עלות תפעול נמוכה
- ◆ אורך חיים גדול
- ◆ חסכון באנרגיה
- ◆ בקוטר של נורת ליבון
- ◆ לשימוש בתאורת פנים וחוץ

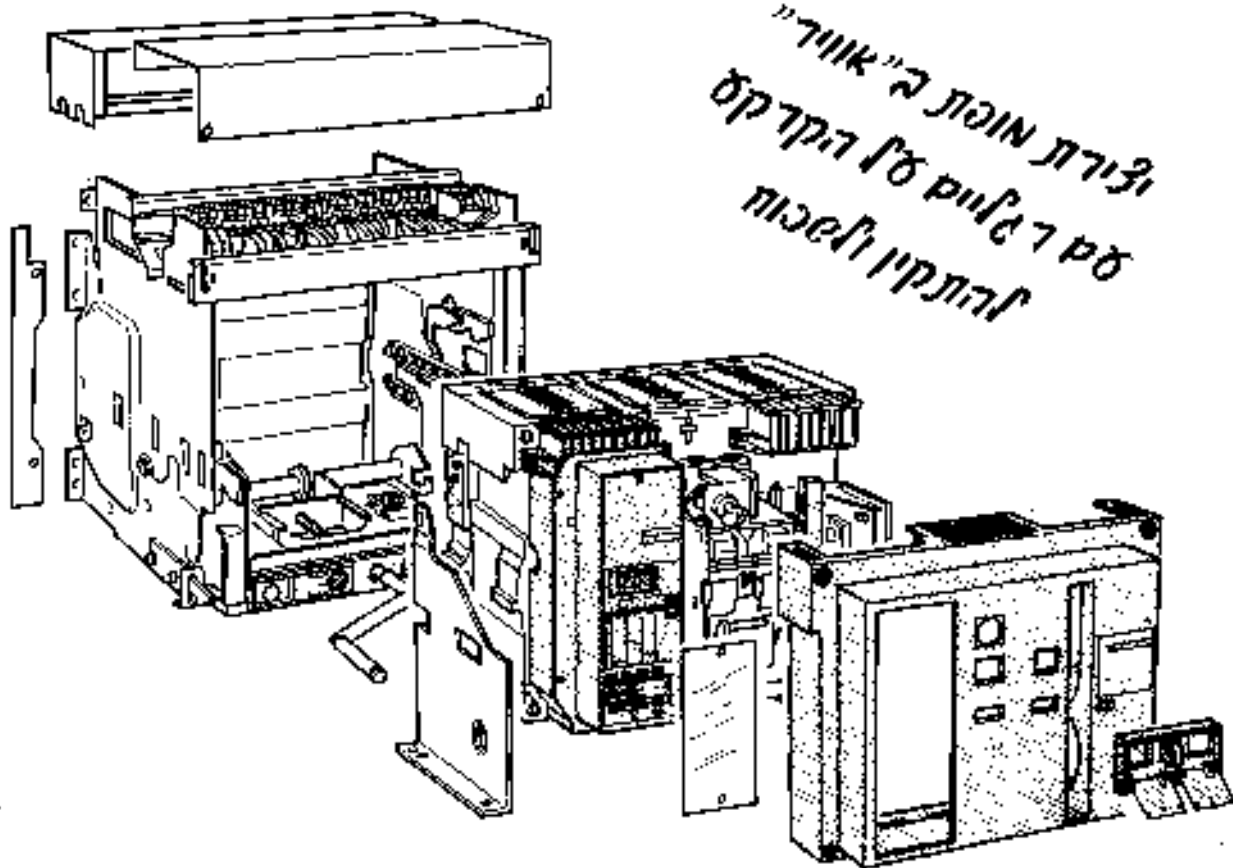
	10W	60W	75W	100W	ליבון
	9W	13W	18W	25W	SL

משרד ראשי: רמת השרון טל. 03-5492998 סניף חיפה: טל. 04-410330 סניף באר-שבע: טל. 052-235916 סניף ירושלים: טל. 02-536332 מחסן מרכזי: רעננה טל. 052-904570



MERLIN GERIN

Masterpact air circuit breaker



יצירת חופת ה"אוור" עם דגמים על הקרקע לתקיין ולסכוח

מגוון פרטומים טל. 04-689071

• זרם נקוב 800-6300 אמפר

• מידה אחידה עד 3200 אמפר

• גישה לכל חלקי המפסק מהחזית בלבד

• בידוד כפול למפעיל מהמגעיים הראשיים

• ללא צורך בטיפול, תחזוקה וכיוונים

• מגוון רחב של הגנות אלקטרוניות בהתאם ליישום

סומת סוכנויות השמל לתעשייה בע"מ

נציגות MERLIN GERIN בישראל



ת.ד. 2122 הרצליה 46120 טל. 09-559407, פקס. 09-558135



שירות למתקני חשמל (מקבוצת סומת בע"מ)
 במקרה של תקלה צלצל ל"שולח"
 24 שעות ביממה



שירות למוצרי
 MERLIN GERIN
 מע'-אל פסק
 מתקני מתח גבוה
 לוחות מתח במוך
 כולל אספקת
 ציוד תלפוי



מרכז ושיירות לכל מוצרי MERLIN GERIN
 סל 09-658407, פקס 09-658136, סניף 5870
 אזורית: 03-6750760

מכון פרסומים סל 04-669071

ת.ד. 2188 הרצליה 46120

למידע נוסף סמן 53/14



הנדל סומת
 מתקני חשמל בע"מ

אתה משקיע בתכנון

MERLIN GERIN משקיעה באיכות ואמינות

משקיעים בביצוע

הנדל סומת
 מתקני חשמל בע"מ

ביחד העבודה מושלמת!

מכון פרסומים סל 04-669071

הנדל סומת מתקני חשמל בע"מ, ת.ד. 2153, בית מרכזים הרצליה 46120, סל 104-587 (09) פקס 891-585 (09)

MENDEL SOMET ELECTRICAL INSTALLATIONS LTD. P.O.B. 2154 MERKAZIM HERZELIA, 46120 TEL. 1972119/587-104 FAX. (972)(9)505-891

למידע נוסף סמן 53/15

קורס
מנהלי אחזקה
10 מפגשים בימי ב'
החל מ" 14.6.93
בשעות 8:30-16:30, בת"א

קורס
ניהול מחסן מודרני
5 מפגשים בימי ה'
החל מ" 17.6.93
בשעות 8:30-16:30, בת"א

קורס
פואומטיקה והידראוליקה
8 מפגשים בימי ד'
החל מ" 7.7.93
בשעות 8:30-16:30, בת"א

קורס
אלקטרוניקה לחשמלאים
8 מפגשים בימי ג'
החל מ" 22.6.93
בשעות 8:30-16:30, בת"א

קורס
בקרים מתוכנתים
8 מפגשים בימי ג'
החל מ" 6.7.93
בשעות 8:30-16:30, בת"א

קורס
אחזקת מבני ציבור
5 מפגשים בימי ג'
החל מ" 22.6.93
בשעות 8:30-16:30, בת"א

יום שני
ציוד מודרני במדידות
יום ג'
בתאריך 8.7.93
בשעות 8:30-16:30, בת"א

יום שני
הוראות חברת חשמל
יום ד'
בתאריך 7.7.93
בשעות 8:30-16:30, בת"א

קורס
C.N.C
8 מפגשים בימי ד'
החל מ" 7.7.93
בשעות 8:30-16:30, בת"א

כנס
שינוע והרמה
ימים ד'-ה'
בתאריכים 7-8.7.93
בשעות 8:30-16:30, בת"א

קורס
יסודות בהנדסת ארקות
5 מפגשים בימי ג'
החל מ" 29.6.93
בשעות 8:30-16:30, בת"א

יום שני
בקרים מתוכנתים
יום ג'
בתאריך 22.6.93
בשעות 8:30-16:30, בת"א

קורס
קנינות וריכוז קניות
20 מפגשים בימי ב'
החל מ" 14.6.93
בשעות 17:00-20:15, בת"א

לימודי חובה
ניהול אחזקה
40 מפגשים בימי ד'
החל מ" 16.6.93
בשעות 17:00-20:15, בת"א

מירב והדרכה * מציעה קורסים יזם שנין ופדגוגיה בתחום האלקטרוניקה בתעשיית תעשיית הציוד והשמירה בגלית

מירב והדרכה
חושיה 6 חל אביב 67218 טל': 03*5621254 פקס': 03*5621255



שיגור מכת מוות ליתושים!



חברת אלדין מציעה מערכת מודולרית משולבת נגד יתושים. מערכת שאינה מזיקה לאדם, לחיות הבית או לסביבה, אין צורך בשימוש בטבליות, חומרים כימיים או רעלים



לרשותכם דגמים חדישים ויעילים-הסוד בחדר הנכון

1. פליפ - FLIP

2. מיסטר אקו - MISTER ECO

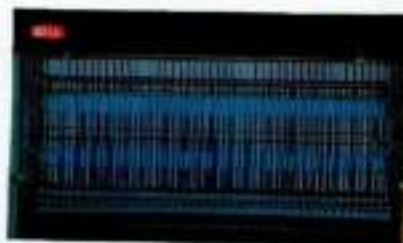


מכשיר אולטרה סוני דוחה יתושים בעזרת גלי קול קל לשימוש - הכנס לשקע והמכשיר פועל מומלץ לשימוש בחדרי תינוקות וילדים

מומלץ לשלב דוחה יתושים בחדרי השינה עם קטלן חשמלי בסלון המרכזי

קטלן-יתושים-דגמים רבים לכל חדר בבית, במשרד ובמטבח

קטלן מטבחים מדגם WE-2000-2 מתוצרת **WELL** מיועד לאולמות, מטבחים ובריכות 2 נורות פלוריסנט 18W מתח רשת 4500 וולט



קטלן פגודה מדגם WE 120 מתוצרת **WELL** מתאים לחדרים גדולים, אולמות ומשרדים נורת פלוריסנט 12W מתח רשת 2500 וולט



קטלן חדר MORIS & PHILIP נורת הברגה 25W מתח רשת 1300 וולט



קטלן פגודהבינוני מדגם WE-170 מתוצרת **WELL** נורת פלוריסנט 15W מתח רשת 4500 וולט

יבוא: אלדין שווק חשמל בע"מ 03-814755

חדש

Altivar 16 - וסת מהירות מודולרי למנועים אסינכרוניים

- ◆ סווח הספקים 0.37kW-4kW חד-פאזי או תלת-פאזי
- ◆ מוצר מודולרי בנפח קטן, אמין, פשוט להפעלה ורב-תכליתי, במחיר תחרותי
- ◆ סידרה רחבה של כרטיסים יעודיים למומנט משתנה, למנועים מהירים וליישומי שינוע
- ◆ תקשורת: - ברמת המפעיל באמצעות צג/תכנת - עם IBM PC ותואמיו
- ◆ עם רשת תעשייתית רב-נקודתית (UNITELWAY, MODBUS...)



חדש

סדרות חדשות של נשעי קירבה ותאים פוטו-אלקטריים

- ◆ גשעי קירבה
- ◆ LED מבעתי
- ◆ דגמים רב-מתחיים (AC/DC) או רב תכליתיים (PNP/NPN/NO/NC)
- ◆ דגמים מוגנים בפני עומס-יתר וקצר ב-AC/DC
- ◆ דגמים עם סווח חישה כפול
- ◆ תאים פוטו-אלקטריים:
- ◆ דגמים מיניאטוריים
- ◆ תאים לגילוי סמנים צבעוניים
- ◆ תאים עם יציאה אנלוגית



חדש

אינטגרל 18-מגנץ-מנתק משולב

- ◆ להתנעת מנועים מ-0.1 עד 18A
- ◆ הגנה מירבית נגד עומס יתר וקצר
- ◆ הרבכת הקטבים בלתי אפשרית
- ◆ הפעלה מחודשת מהירה אפילו לאחר ניתוק זרם-קצר קיצוני מאד (50 kA)
- ◆ גודל פיזי קומפקטי במיוחד
- ◆ התקנה פשוטה ומהירה-חסכון בחיווט.
- ◆ אורך חיים חשמלי 2 מיליון פעולות, מכני 20 מיליון פעולות
- ◆ יחידות כניסה המשותפות עם מגענים סדרה D
- ◆ פיקוד נחוץ מרחוק.
- ◆ תקשורת עם בקרים בעזרת ממשקים ומגעי עזר.



ובנוסף כל מגוון מוצרינו האמין לאספקה מהמלאי

- ★ פסי צבירה
- ★ מתנעים ישר לקו וכוכב משולש;
- ★ מתנעים טרמו-מגנטיים;
- ★ ממסרי הגנה אלקטרוניים;
- ★ בקרים מתוכנתים;
- ★ אביזרי פיקוד;
- ★ מתנעים רכים;
- ★ מפסקי גבול;
- ★ פניאומטיקה;

מכון מרומים 30, 01-499071

צ'וד חשמל בע"מ רחוב מבטחים 1 קרית מטלון פ"ת 39130
 03-9246505 : 70 , 03-9249049 : 09



המבחר הגדול ביותר של
לוחות וציוד מודולרי
לשרות החשמל



א.ג. מולכו ציוד חשמל ותעשייה בע"מ

רחוב מבטחים 1, קרית מטלון, פתח-תקוה, טל: 03-9247037/8
פקס. 03-9233452 מכתבים: ת.ד. 18121, תל-אביב 61191

אמינות מעבר לקו

K&D

החברה המובילה בייצור גלאים ומכשירי עזר לחשמלאי

KD 1402
נגס בודק נורות
נתיכים וסוללות
בודק את כל סוגי
סוללות
1.5 ו-9V
(רגילות, אלקלין
ונסענות),
נורות חשמל ביתיות
(הברגה ובינס)
ונתיכים. זמזם+מחוון
בקרה.



KD 37 חותך צינורות
פלסטיק עד 37 מ"מ



KD 1102 מד רצף
בדיקת רציפות בדיקת
הארקה זמזם + נורית
בקרה

מגן שלט רחוק Remote Control Protector

- מגן על השלט בעת נפילה משבר ואובדן הסוללות
- מתאים לכל השלטים: T.V., וידאו, כבלים, וכו'
- מגן השלט מתכוון ומתאים את עצמו לכל גודל שלט.

מגון פרטומים סל. 04-669071



RCP-1002 - מגן שלט אלסטי



RCP-1001 - מגן שלט זוהר

יבוא: אלדין שווק חשמל בע"מ 03-814755

למידע נוסף סמן 53/20

הודסת הינע (ק.ר) בע"מ

התנעות אלקטרוניות למנועים
וויסות מהירות למנועים

רח' פלוטיצקי 3, ראשון-לציון
פקס: 03-9640833
טל: 03-9643003, 9643010

המלאכה 16 ת.ד. 377 אור יהודה 60200
טל: 03-5334316, פקס: 03-5334511

וחות רודוב

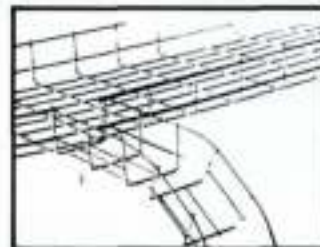
ייצור - לוחות חשמל בע"מ

סיטונאות חומרי חשמל

סוכנויות לציוד מיתוג חשמלי

למידע נוסף סמן 53/22

תעלות רשת לכבלים



"נילי" מייצרת תעלות רשת
המצטיינות ביתרונות הבאים:

- קלות יערי מהעלות סגורה.
- נוחות לרכיבה וחסכות כוח אדם
- מאפשרות קשירת החומות.
- מאוחדות עם גישה נוחה לכבלים.
- מתחברות בקלות ובזמן קצר.



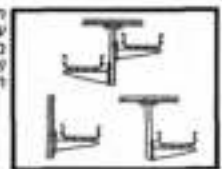
אספקת
חומרים
לקשתות.

הורכבות
מהיבנות
באמצעות
צבת וילון
וסמלה ברזים



הסמכות
עממות
במרווחים עד 2.5 מ'
פולו במתקל-
הגבלים.

ייצור וגישה
חומרת לכבלים
ככל נקרה אינן



התקן זה יוצר

נילי



נילי יוצרת מותגות סל. 03-9640833 פקס: 03-9640846
מספר 03-2321010 ת.ד. 377 אור יהודה 60200

נילי מפעיל מותג בע"מ

למידע נוסף סמן 53/21



הנדסת הספק (1980) בע"מ

מקבוצת כלל תעשיות

משפחת
מתנעים-רכים

SOFT^R אלוני
STC⁻⁷ אנלוגי הגנות
STC⁻⁸ דיגיטלי



חדש · חדש

משפחת
בקרי-מוחרות

PDB אלוני
PAD דיגיטלי
PDC דיגיטלי שקט



חדש · חדש · חדש · חדש · חדש

רח' החלושת 24 אזור תעשייה חדש ת.ד. 265, אור יהודה 5200 סל. 5334866-03, פקס. 5334783-03

למידע נוסף סמן 63/23

ISOMETER[®] יש רק אחד!

איזומטר של BENDER!

זינה צפה עם איזומטר:

- ← למניעת השכחה בשעת קצר (בניגוד למסור פחת "מקובל")
- ← להגנה בפני התחשמלות
- ← "מתח"יב" לגנרטורים ולמערכות נידות בתנאי הארקה קשים
- ← להגנה עם מנועים בעתודת חרום
- ← לאמינות גבוהה במערכות פיקוד ובבקרים מתוכננים



אליפ יעוץ ושיווק בע"מ

רח' אה"ל 98, ת.ד. 994 קיראון 55109 סל. 343506-03, פקס: 340776-03

רח' אה"ל 98, ת.ד. 994 קיראון 55109 סל. 343506-03, פקס: 340776-03

למידע נוסף סמן 63/24

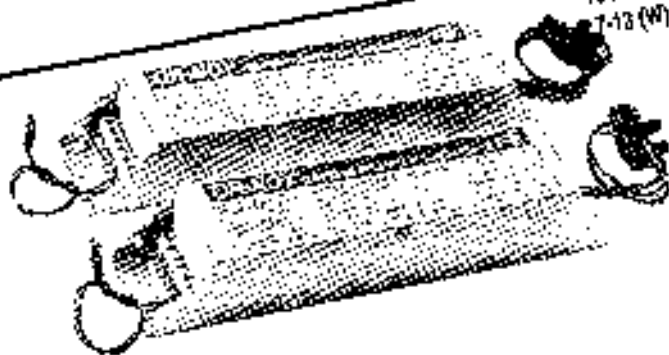
אור נוי



תעשיות אלקטרוניקה לתאורה בע"מ



שדס יציאה עם תאורת חירום 8 W
תאורת חירום קבועה 20 W
תאורת חירום קבועה 8 W



• ממיר דו-תכליתי לתאורת חירום עבור גודות PL (W) 18-28
• ממיר דו-תכליתי לתאורת חירום עבור גודות PL (W) 7-13
• ממיר דו-תכליתי לתאורת חירום עבור גודות פלורוצסנטיות (W) 18-65
• ממיר דו-תכליתי לתאורת חירום עבור גודות פלורוצסנטיות (W) 105
• ממיר לתאורה רציפה עבור גודות PL (W) 7-11 מתתה בסך 24 V AC/DC או 12 V AC/DC

רחוב הכרמל 74, אלפי מנשה 44851, טל. 052-825583, פקס. 052-925198

מען למכתבים: ת.ד. 348 אלפי מנשה 44851 • מפעל: רחוב מרכוס 9, פתח-תקוה טל. 03-9319081, 03-9319426

למידע נוסף סמן 53:26



ISO 9002

החזקו את CONTROL TECHNIQUES

חלת פאוי לתלת פאזי

- HS 185, HS 232
- מודגן לזילומין לרצרים.
- זגנה משופרת לנפילות זגגה.
- רזונננה צפה
- טד 960 HZ.
- שלט רחוק עז 100 חסד עם 33 זוזר ודיניטלי.
- RESET/RES/PAK אוטומטי יניח לחכנות.
- הפטלה וחכנות קלים טיי 3 פקשים.
- אופציות: כלים חזות דינמיות, פילטרים EMI/RFI.
- דגמים מיוחדים לשאבות ומסחיים.



זוז סרזי לתלת פאזי עם תצונה והפעלה דיגטלית



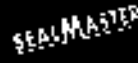
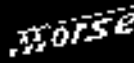
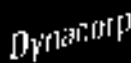
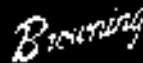
המילה האחרונה בזקרי DC דיניטלים כולל תכונות מיוחדות כגון: זגגה, אפליקציות.

- חיתוך ל' מידה
- Digital Speed/Position Loop
- Spindle Orientation
- Center Winder/ Tensioner
- S' Ramp
- Pid Loop
- Ramp Profile
- ועד

טל. 04-889071 פרומוטם טל.

דור מערכות הנעה בע"מ

אור התעשייה תלפיוח ירושלים, טל. 02-780984, פקס: 02-182457

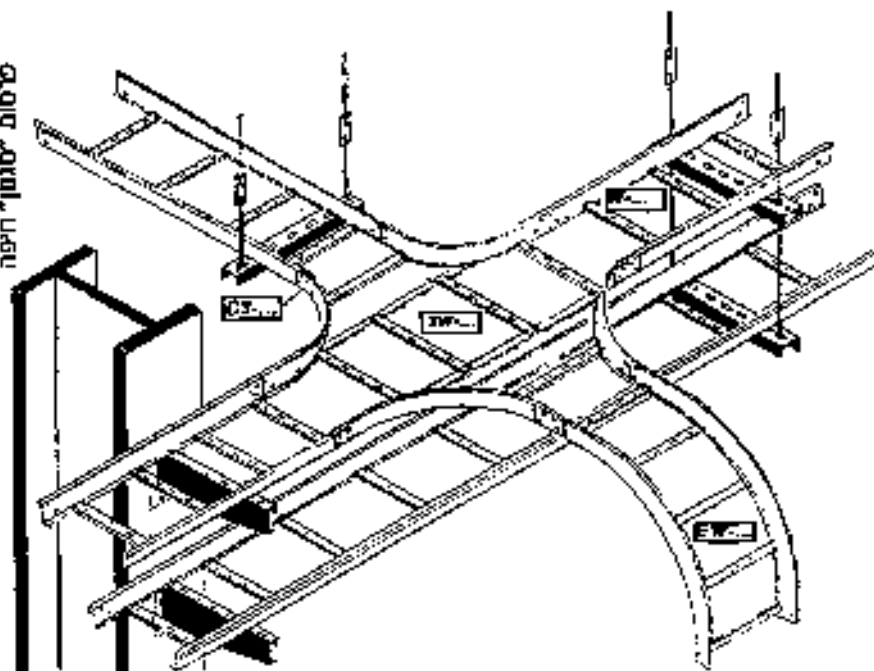


למידע נוסף סמן 53:26

נאור בע"מ ייצור ואספקת סולמות כבלים.



סיסום 'סגון' היפה



סולמות נאור מציעים:

1. מגוון רחב של מידות ואביזרים
כ-150 פריטים שונים בקטלוג
2. חוזק מכני גבוה - מותאם לעומסים שונים.
3. הגנה בפני קורוזיה - ללונן אבץ עם בטבילה
וצבע אפוקסי
4. סגנון אביזרי תמיכה.
5. אספקה מהירה - השלמת מעל לכל!

רח' חל' צי' התעשייה 79 ת.ד. 10256 מפרץ היפה. מיקוד 26110 טל. 414834, 411142-04 פקס. 414528-04

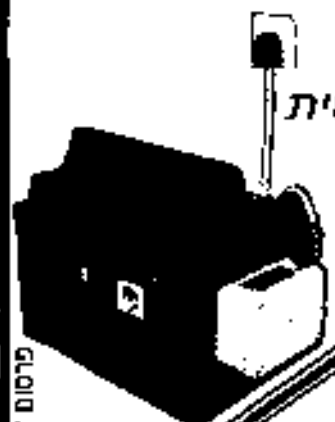
למידע נוסף עמ' 27/63

נ.ב.ו. (1988) בע"מ מערכות חשמל חילופי

מערכת מהפכנית

לחיבור גנרטור חרום דרך השקעים
שבמתקן בהתנעה
אוטומטית או חצי
אוטומטית

**MSG
200 EL**



עמדת כח

רתכת - גנרטור
משקל 28 ק"ג
כושר ריתוך עד 200A
גנרטור 2KW

MOSA

סיסום 'סגון' היפה

רח' החרושית 7 ק. ביאליק 27000 ת.ד. 9062 ק. ביאליק 27103 טל. 760279-04 פקס 760352-04

למידע נוסף עמ' 28/63

אולטרה שילד

מגן אולטרה סאונד נגד מזיקים

השיטה האלקטרונית נגד מזיקים

מחקרים באוניברסיטאות רבות, במהלך שלושים השנים האחרונות קבעו באופן חד-משמעי שניתן להשתלט על מכרסמים ומזיקים אחרים תוך שימוש נכון במחוללים אולטרה סוניים חסודקים בטוחים ותזריזיות ובקצב נכונים.

כיצד משפיע אולטרה שילד על מזיקים?

- * **מכרסמים** - נשמע להם כאזעקות עורמיות, דבר המעורר את תיכפודי גופם ומשבש שינוי משקלם.
- * **מזיקים** - תגרות האזיר ערמית לרטט במחוללים ואין הם מסוגלים לספוא מאן או את בני המין השני התצאית שבר מעגל חריבוני ורעב.
- * **פירעונים** - מטולטלים עלי חתטדות באור ואינם מסוגלים לקפו על קורבנם המיעד.
- * **חריקים מעופפים** - יתושים, זבובים ומזיקים נלעלים מכניסה לתחום האזיר חרוזי תגודות.
- * **חיות סודי** - גלים בתזריזיות נמסות מרחיקים חיות טרף המתקרבות לנדרות בטוחן, לולים וגידולי חוות אחרים.

ייחודים של מכשירי אולטרה שילד:

- * הרכיבים נענים במני רכיבות בחיותם יתקים בתוך שריים.
- * הדגמים רשומים ובמיקוח חרשות למישר הטיבת (E.P.A.) בארצ'ב.
- * המכשירים משנים את הנדר 3 פעמים בשניה, למניעת תסתגלות המזיקים לציבוגף החזק שנתפעל נבדם.
- * הטוח האפקטיבי של המכשירים נבדה יחסית כ-5-20 מ. * המכשירים עממאים ללא תלות במערכת מרכיזית.

- יבוא, שיווק ושירות לכל הארץ -

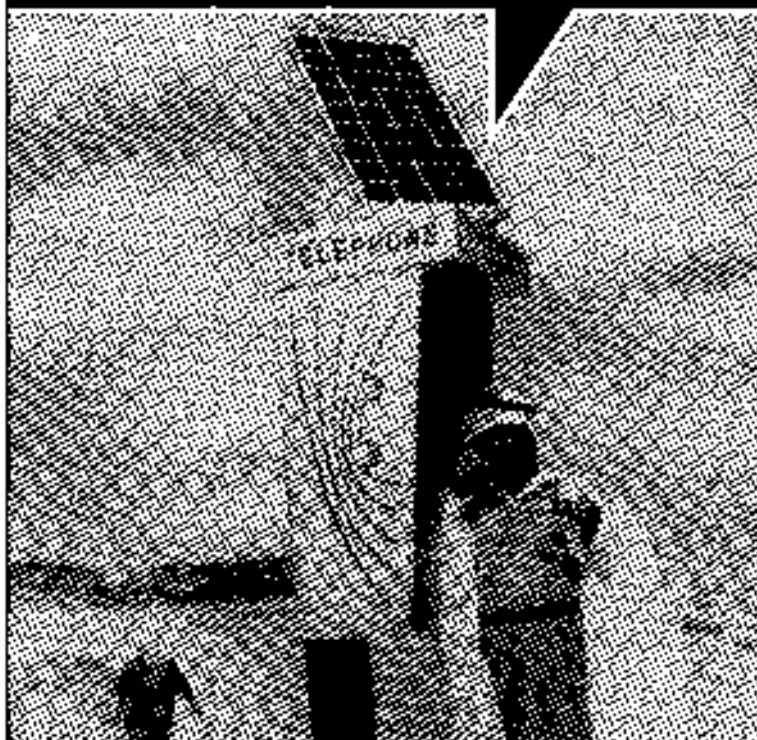
קרואוס אקוויז

בית הבורג (1989) בע"מ

רחל ווליס סיסטון 25 ממר'חיתה סל: 410110-04 נקס: 04-410418 ת.ד. 5198 ק. ביאליק 27151

אולטרה שילד - הנזק למזיק

אנרגיה חשמלית מהשמש



מקומות רחוקים יכולים לקבל מעתה אספקה שוטפת של חשמל מהשמש למטרות שונות.

- עמודי תאורה להארת גנים וצמחים.
- תאורת מבנים, מחסנים, קרוואנים ותחנות הסעה.
- מערכות לבקרת השקיה.
- הגנה קטודית לצינורות דלק ומים.
- תאורת אזהרה לתונים ומצופים בים.
- מהבהבי אזהרה סולאריים ליד מבני ציבור (כמו למשל בתי ספר).
- מטעני מצברים סולאריים.
- משאבות דלק ומים.
- פנלים פוטוולטאים, בקרים סולאריים, מצברים.

0 3 5 1 2 4 1 2 5 / 2 4 : 7 0
0 3 5 6 0 0 1 8 5 : 0 9
אחד העם 34 ת"א 65151



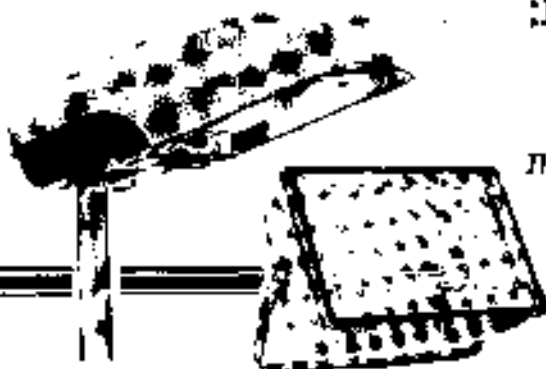
ראנד מערכות אנרגיה

ת"י-51

זרמים - תעשיות חשמל בע"מ

מושב בני ציון, מיקוד 50910, טל. 903362, 052-916197, פקס. 052-916177, למכתבים: תד. 1331 הוד השרון

סוכנים בלעדיים ויבואנים של החברות הבאות:



תאורת רחובות
תאורת שטח
תאורת סביבה ודקורטיבית
תאורת ספורט



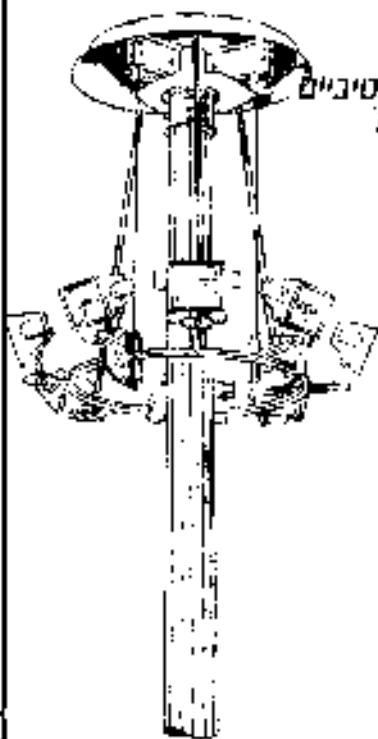
אנגליה גרמניה
צרפת, "יורופאן"
שבדיה - יונגסרן

"פטיזאן" - צרפת

היצרן הגדול בעולם לעמודים



* תאורה עד 120 מ'
* רשת עד 400 ק"ו
* אלומיניום ודקורטיביים
* סרטי ברזסטה



צנורות תאורה
עיגולים, אובליים, רבועים
משולשים, משולבים



SOGEXI

מהדקי עמודים BC2-3
קופסאות בדוד כפול לעמודים



CEGELEC

INDUSTRIAL CONTROLS

GD2000 חסתיים AC

GD4000 חסתיים AC

4Q

חסתיים DC

MICRODRIVE 3 תעשיתיים
MICROFLO 3 למפוחים ומשאבות
ASDI 2000 תעשיתיים



חוסתי מהירות

מרטום "סגנון" חיפה



סוסד
להשכלה
גבוהה

המגמה ל- השנת ואוטומציה

החלה ההרשמה לשנת הלימודים תשנ"ד
הלימודים מתקיימים במתכונת של לימודי יום (אלא אם צוין אחרת)
אפשר לקבל במקום שירותי אוכל ולינה

רשימת הקורסים וההשתלמויות

תמוז

חשמל "מנשי"

5 חודשים 3 ימים בשבוע
נובמבר '93

חשמל "מוסטר" - מסלול רגיל

8 חודשים 4 ימים בשבוע
9 ספטמבר '93

חשמל "מוסטר" להנדסאים

4 חודשים 3 ימים בשבוע
נובמבר '93

חשמל "ראשי"

5 חודשים 3 ימים בשבוע
אוקטובר '93

חשמל "פתח גבוה"

3 חודשים 2 ימים בשבוע
דצמבר '93

אלקטרוניקה תעשייתית לחשמלאים

3 חודשים 2 ימים בשבוע
9 ספטמבר '93

קירור ומיזוג אוויר

6 חודשים 2 ימים בשבוע
אוקטובר '93

בקרים מתוכנתים

3 חודשים 2 ימים בשבוע
אוקטובר '93
לימוד יום או ערב

מיכשור במערכות בקרה

3 חודשים 2 ימים בשבוע
אוקטובר '93
לימוד יום או ערב

אוטומציה תעשייתית

4 חודשים יום בשבוע
נובמבר '93
לימודי יום או ערב

פלאג/ זמאז בקימק שכר הליכה לטכני

חדש

* מרבית הקורסים נערכים ע"פ תכניות לימודים של משרד העבודה ובפיקוח

נדטים והרשמה הנרכז להכשרה בקצועית טל 053 665130 שלוחות 34 33



עצור בטרם תעבור

מדריך העוסקים למכשור ולבקרה
230 עמודים של "מידע ללא הפסקה"
בחסות האגודה הישראלית למכשור ולבקרה



מבצע עם סיום המהדורה הראשונה

- * כל הרכש 2 מדריכים, המדריך השלישי 50% הנחה.
- * כל הרכש 3 מדריכים, המדריך הרביעי חינם!



מדגם מייצג של חבורת שרכשו את המדריך

שמות חברי החברה	התפקידים והמחלקות	השכלה	השכלה	השכלה	השכלה
מר. יוסף משה	מנהל מחלקת המכשור	הנדסה	הנדסה	הנדסה	הנדסה
מר. יוסף משה	מנהל מחלקת המכשור	הנדסה	הנדסה	הנדסה	הנדסה
מר. יוסף משה	מנהל מחלקת המכשור	הנדסה	הנדסה	הנדסה	הנדסה
מר. יוסף משה	מנהל מחלקת המכשור	הנדסה	הנדסה	הנדסה	הנדסה
מר. יוסף משה	מנהל מחלקת המכשור	הנדסה	הנדסה	הנדסה	הנדסה
מר. יוסף משה	מנהל מחלקת המכשור	הנדסה	הנדסה	הנדסה	הנדסה
מר. יוסף משה	מנהל מחלקת המכשור	הנדסה	הנדסה	הנדסה	הנדסה
מר. יוסף משה	מנהל מחלקת המכשור	הנדסה	הנדסה	הנדסה	הנדסה
מר. יוסף משה	מנהל מחלקת המכשור	הנדסה	הנדסה	הנדסה	הנדסה
מר. יוסף משה	מנהל מחלקת המכשור	הנדסה	הנדסה	הנדסה	הנדסה

- * כל החברים המקסימים והסובסידים בישראל.
- * הייצוג של למעלה מ-500 חבורות מחולק ומסווגות במרחב.
- * הייצוג של למעלה מ-1000 מוצרי מכשור ובקרה השפיקים.

ספר ולינה לכל הרושק בעמק!!!

לכבוד א. חסד - הסקטור ופירוטומים טכניים ת.ד. 6256 ארזות, מיקוד 48253, טל. 03-9360126, פקס, 03-9360033

אני רוצה להזמין 79 עותקים לפחות א. רחמי תקלה ופירוטומים טכניים עשיר: ספר העוסקים למכשור ובקרה

מציב להזמין 157 עותקים לפחות 3 ספר העוסקים למכשור ובקרה.

מציב להזמין 307 עותקים לפחות 4 ספר העוסקים למכשור ובקרה.

הנחות עד 50% לזכאים יותר מ-10 עותקים

שם: _____ תפקיד: _____

כתובת: _____ תל אביב: _____

טל: _____

א.א. - בדיקות מתקני חשמל

ביצוע בדיקות חשמל
ע"י מהנדס חשמל מורשה

◆ מבני תעשייה וחקלאות

◆ מגורים ומבני ציבור

◆ תאורת רחובות

◆ מתקני גנרציה ודיזל - גנרטורים

(גם לצורך היתר משרד האנרגיה)

טל. 03-9383384, 052-447447

פקס. 03-9383384

סמלן פרטומים טל. 04-660071

למידע נוסף סמן 53:35



מערכות מיגון אש
(שריט 1988) בע"מ

מערכות פסיביות למניעת התפשטות אש ועשן

- ★ חסימת אש במעברי כבלים ואנרת.
- ★ ציפוי כבלי חשמל ותיקשורת.
- ★ הגנה על קונסטרוקציות מתכת.

פרטום "מגון"

FLAMMASTIK®
KBS System



רח' העמל 10, ת.ד. 208 אזור התעשייה אור יהודה 60251

טל. 03-5339284

פקסימיליה 03-5339285

למידע נוסף סמן 53:34

בדיקת כבל



בדיקת כבלים
קביעת מקומם בשטח
אתור מקום התקלה

דטא-רת' עוזיאל 48 רמת גן

טל: 03-6779775, 5714698

טל' בית: 03-740513

למידע נוסף סמן 53:37

כס"ד

אמרות איינות

שושני פיור

מכירה וגיבוי למכשירי מדידה
המתרון לבעיות "האתה שלק"

תיקון מכשירי מדידה ובדיקה תעשייתיים

- ★ בודקי בודד מתח גבוה/וגמון INSULATION TESTERS
- ★ בודקי לולאת תקלה LOOP TESTERS (LT)
- ★ בודקי התנגדות הארקה EARTH-TESTERS
- ★ מכשירים אנלוגיים/דיגיטליים-גלאי תוצאי כבלים
- ★ בודקי סלילי מגווע - בודקי שמן שנאים ועוד...

◆ יעוץ חינם ברכישת מכשירים למדידות מיוחדות

◆ מבצע בדיקת מכשירים חינם לזמן מוגבל

◆ נקודת מכירה במקום

פוננו-תקווה, רח' הראשונים 9, ת.ד. 523

טלפקס. 03-9344412, מען. 03-9323001

סמלן

למידע נוסף סמן 53:38

א. ועדת ההוראות לביצוע עבודות חשמל

ב"התקע המצדיע" מס' 52 – דצמבר 1992, כבר הזכרנו כי בקובץ התקנות מס' 5482 מיום 26.1.1992 פורסמו תקנות החשמל (העמסה והגנה על מוליכים מבודדים וכבלים במתח עד 1,000 וולט) התשנ"ג – 1992, אשר מהוות עדכון מהותי של התקנות הקודמות משנת 1981.

תקנות החשמל (העמסה והגנה על מוליכים מבודדים וכבלים במתח עד 1,000 וולט) התשנ"ג – 1992

כבר בכותרת החדשה יש רמז לשינוי המצאתי ביותר – התקנות החדשות מתייחסות הן למוליכים והן לכבלים בעלי בידוד כלשהו, ולא רק PVC. הבוחן להעמסת המוליכים הוא הטמפרטורה המותרת בבידוד המוליך בתנאי עבודה ממשכת.

נקבעו שני סוגים של בידוד:

1. בידוד המיועד לטמפרטורה מירבית, בעבודה ממשכת, של $70^{\circ}\text{C} - \text{PVC}$ רגיל או דומי.
2. בידוד המיועד לטמפרטורה מירבית, בעבודה ממושכת, של $90^{\circ}\text{C} - \text{XLPE}$ מוליאתיק מוצלב וסוגים מסוימים של בידוד נטול הלוגן.

בהתאמה לעקרון הזה שונו גם הטבלאות. מעתה יש שתי סידרות של טבלאות, לכל טמפרטורת בידוד בנפרד.

פירוט השינויים בתקנות

1. הגדרות

המושג "עומס יתר" בוטל ובמקומו בא המושג "זרם העמסת יתר", המקביל למושג באנגלית של "Overload Current". זאת מכיוון שבעניין העמסת מוליכים, הזרם קובע ולא העומס.

כזה מן ההגדרות שונו מילולית אך לא במשמעותן.

פ' שפר – י"ד ועדת ההוראות וועדת הפירושים שלד משרד האנרגיה והתשתית

2. חובת הגנה

"(א)כל מוליך חי, בקו או במעגל סופי, אשר אינו מוליך אפס (N), מוליך PEN, או מוליך תווך מארק, יע..."

המילים "בקו או במעגל סופי" שלעיל מאפשרות את ביטול תקנה 2 (ב) (1) הישנה.

גם תקנה 2 (ב) (2) בוטלה כבלתי מציאותית.

3. מיקום מבטח וייעודו

התוכן דומה לזה שבתקנה 3 הישנה.

4. סוגי מבטחים

התוכן דומה לזה שבתקנה 4 הישנה.

5. מבטח להגנה בפני זרם העמסת יתר בלבד

כאן ניתן פירוט יתר לנוסחה שהיתה קיימת של:

$$I_2 \leq 1.45 \cdot I_1$$

הוגדרו שלושה מקרים:

I לגבי נתיכים (מסוג gL) נשאר:

$$I_2 \leq 1.45 \cdot I_1$$

II לגבי מפסקים אוטומטיים זעירים (מסוג B ו-C) נקבע:

$$I_2 \leq 1.3 \cdot I_1$$

III לגבי מפסקים אוטומטיים נקבע:

$$I_2 \leq 1.1 \cdot I_1$$

וזאת בהתאמה לזרמי הבדיקה הגבוהים והנמוכים של שלושת סוגי המבטחים.

6. מבטח להגנה בפני זרם קצר בלבד

התוכן דומה לזה שבתקנה 6 הישנה.

7. משך זרם הקצר המירבי המותר

התוכן דומה לזה שבתקנה 8 הישנה, בתוספת האלה:

I הערכים עבור מקדם K בנוסחה:

$$t = \left(\frac{K \cdot S}{I_k} \right)^2$$

עבור בידודים של 90°C בעוד שהטמפרטורה המירבית המותרת בזמן קצר היא 250°C .

II היתר לקולא האומר בתקנת משנה 7 (ג)

"אם הנדרש בתקנות משנה (א) ו-(ב) אינו ישים, במקרה של קצר לאדמה, מותר להתקין, למטרה זאת, בנוסף למבטח, גם מפסק סגן. מפסק המגן שיוצקן כאמור יהיה כזה שלולאת התקלה תאפשר פיתוח זרם תקלה שהוא פי 10 לפחות מזרם ההפעלה של מפסק המגן."

מטרת תוספת זו היא להבטיח הפסקת המיתקן במקרה שלולאת התקלה בזמן קצר לאדמה איננה מאפשרת פיתוח זרם I_k די גדול כדי להפעיל את המבטח המקורי. במקרה זה ניתן להיעזר במפסק מגן. אם זרם הפעלתו הוא 0.030 אמפר, הרי שגם עכבה של לולאת התקלה בגודל של

$$700 \text{ אוהם} = \frac{230 \text{ וולט}}{0.030 \text{ אמפר} \cdot 10}$$

שנה על דרישות התקנה.

במיתקן תעשייתי, כשמשמשים במפסק מגן של 0.5 אמפר, למשל, עדיין מספיקת עכבה של 46 אוהם

8. מבטח להגנה בפני זרם העמסת יתר וזרם קצר כאחד

התוכן דומה לזה שבתקנה 9 (א) הישנה.

9. מיקום מבטחים

התוכן דומה לזה שבתקנה 11 (א) הישנה.

10. מיקום אחר של מבטחים בפני זרם קצר בלבד

תקנת משנה (א) דומה לתקנה 11 (ב) הישנה. תקנת משנה (ב) דומה לתקנה 12 (2) הישנה.

11. מיקום אחר של מבטח בפני זרם העמסת יתר

תקנת משנה (א) דומה לתקנה 12 (1) הישנה. בתקנת משנה (ב) ניתן היתר כדלהלן:

"(ב) כמעגל במיתקן ביתי המוגן באמצעות מבטח בעל זרם נומינלי של 16 אמפר מותר להסתעף ממוליך בחתך של 2.5 מ"מ על ידי מוליך בחתך של 1.5 מ"מ לתאורה בלבד, בתנאי שהזרם הצפוי בהסתעפות אינו עולה על 10 אמפר".

12. איסור התקנת מבטח

התוכן דומה לזה שבתקנה 14 הישנה, אך בפירוט יתר.

13. הזרם המתמיד המירבי במוליך

התוכן דומה לזה שבתקנה 15 הישנה.

14. הגנת מוליך בפני זרם יתר

תקנה זו היא חדשה (וחשובה).

"(א) – מוגן מוליך על ידי נתיך עם אופיין gL או מפסק אוטומטי ועיר עם אופיין B, C או L המשמש להגנתו בפני זרם העמסת יתר ובפני זרם קצר כאחד, לא יעלה הזרם הנקוב של הנתיך או המפסק האוטומטי הועיר על הערך המתקבל מהנוסחאות שבתקנה 5, בטבלאות שבתוספת הראשונה מדרגו גדלי הנתיכים והמפסקים האוטומטיים הועירים הסותרים להגנת מוליכי נחושת בחתכים של עד 16 מ"מ בלבד.

(ב) על אף האמור בתקנת משנה (א) רשאי המתכנן המודע לאובי ההעמסה הצפויה של המוליך המוגן, לסטות, בהתאם לשיקוליו הטכניים, מהערכים המתקבלים מהנוסחאות שבתקנה 5 (ההדגשה של המסכת).

(ג) כאשר משתמשים במבטחים בעלי אופיין שונה מ־gL, B, C או L, על המתכנן לבחור את ערכי המבטחים בהתאם לשיקוליו הטכניים ובתבססו על נתוני יצרן המבטח".

תקנה זו חשובה מאוד, הואיל והיא מאפשרת למתכנן המיתקן חופש פעולה נרחב.

כל הנוסחאות והטבלאות שבתוספת מתבססות על ההנחה שהמוליך נתון במשטר עבודה בלתי משתנה של זרם מירבי I_L , אשר יביא אותו לטמפרטורה המירבית המותרת של 70°C או 90°C , בתנאי ההתקנה המסוימים שלו.

במרבית המקרים אין הדבר כה בטוח, מאחר שהעומס משתנה לרוב בצורה מחזורית או בצורה אקראית. מתכנן המכיר את אופי העומס עבורו הוא מכין את המיתקן, יכול לנצל את המוליכים בצורה חסכונית יותר, אם הוא יודע לחשב את שינויי הטמפרטורה בתלות מהשתנות העומס.

מצד אחר, יש לקחת בחשבון גם את הגורם הכלכלי, כי האיבודים הממושכים, על פני שנים, במוליך קטן יותר יכולים להיות יקרים יותר מההבדל בעלות החד פעמית בהתקנת מוליך גדול יותר. על המתכנן למצוא את החתך האופטימלי ולקיים את האבטחה הנכונה שלו.

מצד כן, התקנה מאפשרת למתכנן להשתמש במבטחים בעלי אופיינים שונים משלושת האופיינים המצוינים בתקנת, שהם אמנם הרוב המכריע של המבטחים שבשימוש, אך למטרות מיוחדות יש גם מבטחים בעלי אופיינים מיוחדים, שהמתכנן רשאי לבחור, כאמור בתקנה 14 (ג), ובלבד שהוא יודע להשיג את המידע הדרוש (עקומת המבטחים האלה), וכן יודע להשתמש בו.

15. התקנת מוליכים מבודדים או כבלים חד גידיים ללא רווח ביניהם

בתקנה זו יש כמה שינויים לעומת התקנה הישנה המקבילה.

(א) אותה טבלה ניתנה עבור התקנה אופקית ואנכית מעורבת. היתה ההתקנה אופקית בלבד – מותר להגדיל את המקדמים בעוד 0.04.

(ב) היה מקובל לא להחשיב את מוליך האפס (N) כאחד מהמוליכים נושאי זרם. לכן, כמעגל תלת מופעי עם אפס לקחו בחשבון רק שלושה מוליכים. דבר זה אינו נכון יותר עקב העומסים הבלתי ליניאריים הרבים שיש היום

ברוב המיתקנים. ידועים כבר מקרים של מיתקנים בהם התחמם מוליך האפס מעל המידה ואף נשרף בגלל זרמים אלה, העלולים להביא להעמסה גדולה יותר של מוליך האפס מאשר של מוליך המופע. לכן מורה תקנה 15 כי:

"... מוליך אפס (N) כמעגל תלת מופעי, שבו עובר זרם משמעותי, ללא הפחתה מקבילה של הזרם במופעים – כגון זרם הרמוני הנובע מעומסים בלתי ליניאריים – יראו כמוליך מופעם".

16. התקנת כבלים רב גידיים ללא רווח ביניהם

אותו הדין של טבלה אחת להתקנה אופקית/אנכית שולט גם כאן. אולם ההגדלה המותרת של המקדם במקרה של התקנה אופקית בלבד היא 0.05.

תקנות 17-20

בתקנות אלה, הדנות במקדמים האחרים לשינוי בטמפרטורה, במספר הכבלים באדמה ובהתנגדות התרמית של האדמה, אין שוני לעומת התקנות הישנות.

תחילת התקנות היא שישה חודשים מיום פרסומן, דהיינו ביום 26.5.1993.

צבעי ההיכר של מוליכים

ביהתקע המצדיע"י מסי 50 – אמריל 1992, התייחסנו באריכות לנושא, אך מפאת חשיבותו של השינוי המוצע אנו חוזרים ומביאים אותו למודעות הציבור.

מסן התקנים הישראלי עומד לפרסם בזמן הקרוב ביותר את התקנים החדשים אשר יתנו ביטוי לשינוי בצבעי ההיכר של המוליכים והכבלים, ובמקביל לפרסום זה יפורסמו גם התיקונים בתקנות החשמל שלהלן.

(1) התקנת מוליכים.

(2) התקנת כבלים.

(3) הארקות ואמצעי הגנה בפני חישמול.

(4) הארקות יסוד.

כל השינויים האלה ייכנסו לתוקפם שישה חודשים לאחר פרסומם, וכדאי לציבור החשמלאים להתעדכן בהקדם ולהיערך לקראת כל הקשיים והבעיות אשר לא ספק יתעוררו בראשית השינוי.

ב. ועדת הפירושים

למיתקני הצרכנים להתחבר אל מוליך הארקה ברשת האספקה – אם קיים מוליך כזה.

אך במקרה הנדון, רשת החלוקה בין ה"קאראונים" היא רשת פרטית, כי האספקה ניתנת בצובר, דרך מונה אחד לכל האתר, ולכן מותר השימוש במוליך הארקה האווירי לצורך קישור כל האלקטרודות ביניהן.

(2) כתוצאה מסעיף (1) יש לראות את מפקדי המגן כאמצעי הגנה נוספים ולא בלעדיים, אם כי רצויים מאוד, כפי שכל מיתקן ביתי.

(3) הכנת אלקטרודות תקניות במקום היתה כרוכה בהוצאות בלתי סבירות בהחלט. שיקול הדעת מתי הוצאות הן "בלתי סבירות" ניתן בידי המנהל, בזכות שיש לו להתיר או לאסור.

במקרה זה הוא פסק לחסד, בהמלצת ועדת הפירושים.

הגנת עמודי תאורה מפני חישובול

הבעיה

הגנת עמודים לתאורה, למטורים, לשיטת רחובות וכיו אפשורית היום בשני אומנים: בידוד מגן או הארקה הגנה. כמו כן מותרת הגנה של גופי תאורה על עמודים מחוץ מוליך על ידי מפסק מגן. מטעמים טכניים מובנים לא ניתן להשתמש באיפוס או בהגנה על ידי מפסק מגן.

חברת החשמל הציעה לבטל את ההגנה על ידי הארקה הגנה, וזאת בגלל ריבוי החישובולים של עמודים ברשת החברה, אשר עליהם מותקנים גופי תאורה של רשויות מקומיות המוגנים בצורה זו.

איך להתייחס להצעה זו?

תשובת הוועדה

הוועדה לא ראתה סיבה לבטל את החיבור להארקה הגנה, הניתן בעקיפין

מותר להשתמש במפסק מגן כהגנה בלעדית בפני חישובול במקרים אלה בלבד:

(1) באזור בניה, בקרון מטורים, במבנה ארעי או במיתקן ארעי אחר,

(2) במבנה שבו השתמשו בהגנה על ידי הארקה (TT) ומסיבה כלשהי ההגנה כאמור אינה ממלאה את דרישות תקנות אלה ולא ניתן להשתמש במיתקן כאמור בהגנה על ידי איפוס (TN-S, TN-C-S),

(3) במבנה שבו קיימת הארקה יסוד, כאשר לא ניתן לבצע בו איפוס (TN-C-S), ועכבת לולאת התקלה או ההתנגדות למסה הכללית של האדמה אינן מאפשרות הגנה על ידי הארקה הגנה (TT).

(4) בנופי תאורה המותקנים על עמודים העשויים מחומר מוליך,

(5) במיתקנים אחרים שהתיר המנהל ובהתאם לתנאי ההיתר."

התעמקות בפסיקאות אלה מביאה למסקנות הבאות:

פיסקה (1) איננה חלה, כי כאמור ה"קאראונים" איננו קרון מטורים והוא גם אינו מבנה ארעי או מיתקן ארעי, הואיל והוא מיועד למטורים כמשך שנים לא מעטות.

גם פיסקה (2) איננה חלה, כי במבנה לא השתמשו בהגנה על ידי (TT) ולא הוגדל העומס המחובר, שהוא בדרך כלל הסיבה להעלמת היעילות של הגנה על ידי (TT).

במבנה לא קיימת הארקה יסוד, כך שגם פיסקה (3) איננה חלה.

המבנה איננו גוף תאורה ולכן גם פיסקה (4) איננה חלה. נשאר לנו, איפוא, רק להסתמך על פיסקה (5), המאפשרת למנהל ענייני החשמל לאשר הגנה בלעדית על ידי מפסק מגן, וזאת על פי שיקול דעתו.

המלצת הוועדה

מהשיקולים המפורטים להלן, החליטה הוועדה להמליץ בפני המנהל לאשר את המיתקן, והמנהל אכן אישר אותו.

(1) חברת החשמל איננה מספקת הארקה למיתקנים פרטיים ואיננה מאפשרת

מגורונים ("קאראונים") – הארקה מיתקניהם

בשנים האחרונות חוברו לרשת החשמל אלפי מבנים קלים שהובאו כפתרון מהיר לזיוז של רבבות העולים, שבואם היה צמי.

משום מה דבק למבנים אלה השם "קאראונים", שהוא השם הנכון של קרון מטורים על נגלים, הנגרר על ידי רכב לצרכי טיולים וממוקם באתרים מסודרים למגורי לילה או לילות אחדים. חיבור החשמל ניתן באתר מסידורים קבועים מראש.

המבנים שאנו מדברים עליהם הם בתים קלים למגורי קבע, העומדים על הקרקע, בדרך כלל, על אדני ברזל או על בטון. אין להם יסוד באדמה, אשר באמצעותו אפשר היה להתקין הארקה יסוד לצרכי הגנה על ידי איפוס. לכן מקובל להכין לכל מבנה כזה אלקטרודה באדמה, אולם במקרים רבים לא ניתן להשיג ערך סביר של עכבת לולאת התקלה, בפרט באזורים הרריים או באדמות הנגב.

הבעיה

באתר מסוים הוקמו מספר "קאראונים" (מגורונים), ולכל אחד מהם הותקנה אלקטרודה באדמה. ערך התנגדות האלקטרודה למסה הכללית של האדמה הגיע עד כדי 70 אוהם. כל האלקטרודות היו מקושרות ביניהן באמצעות מוליך הארקה, שהוא מוליך חמישי ברשת החלוקה האווירית במקום. ההתנגדות השקולה של כל המבנים ביחד הגיעה ל-1.5 אוהם בלבד. נוסף על כך צויד כל מבנה במפסק מגן הפועל בזרם דלף של 30 מיליאמפר.

הוועדה נתבקשה לבחון אם סידור כזה עונה על דרישות התקנות.

תשובת הוועדה

בתקנות החשמל (הארקה) ואמצעי הגנה בפני חישובול במתח עד 1,000 וולט) נאמר:

תשובת הוועדה

אין אפשרות לתת תשובה חד משמעית על השאלה, כי הסיכונים הכרוכים בעבודה במתח נמוך בקירבת קו מתח גבוה תלויים בגורמים רבים, כגון: אופי העבודה הדרושה, המרחק בין שני הקווים, אופי הכלים שיש להשתמש בהם, אופי הוראות העבודה וההשגחה על ביצועה וכו'.

כך המקום לסקור בקיצור את האישורים השונים הניתנים לבעלי רישיונות למיניהם לביצוע עבודות חשמל, בהקשר לעבודה במתח גבוה.

■ חשמלאי עוזר

איט מורשה לעבוד במתח גבוה.

■ חשמלאי מעשי

מורשה לעבוד בנוכחותו ותחת השגחתו של בעל רישיון טכנאי או הנדסאי או מהנדס, ובתנאי נוסף שסיים קורס בטיחות במיתקני חשמל במתח גבוה וקורס עזרה ראשונה למפגי חשמל.

■ חשמלאי מוסמך

כניל.

■ חשמלאי ראשי

כניל.

■ חשמלאי טכנאי

מורשה לעסוק בביצוע עבודה במתח גבוה, למעט תיכנון, ולאחר שסיים קורס כאמור לעיל.

■ חשמלאי הנדסאי

כניל.

■ חשמלאי מהנדס

רשאי לערוך כל תוכנית חשמל ולבצע כל עבודת חשמל.

■ חשמלאי מסווג

רשאי לבצע סוג עבודה מסוים שצוין מרישיונו ובמסגרת מקום עבודה מסוים בלבד, לאחר קבלת הדרכה מתאימה על ידי חשמלאי מהנדס.

מכל האמור לעיל ברור שהתקנות אינן מתייחסות לעבודה במתח נמוך בקירבת קווי מתח גבוה. הדבר צריך להיות מעוגן בהוראות הבטיחות של כל מפעל ומפעל שיש לו עניין בעבודה מעין זו.

להטריד את הצרכן ביחס ישיר להקטנת זרם ההפעלה.

הקביעה של 30 מיליאמפר היא פשרה בין הרצוי למצוי. מפסקי מגן של 30 מיליאמפר מיוצרים בכמויות אדירות בכל העולם והניסיון איתם הוא טוב, יחסית, אם כי ידועים מחקרים המראים שאחוז קטן (מאוד) שלהם לא מספיק כשצריך, לפעמים, בגלל חוסר תחזוקה נאותה, או שמפסיק כשלא צריך.

אומרים שיש אפילו חשמלאים אשר במקום לחפש את סיבת השימוש ולסלק את התקלה במיתקן, שיכולה להיות פגם בבידוד של מוליך, או לחות בגופי חיסום, או השפעת גלים עליונים במגעל וכיו, פשוט מבטלים את פעולת מפסק המגן. בוודאי שיש הרבה בעלי מיתקנים שעשו כן, ואז מה הועילו חכמים בתקנתם כשרדשו מפסק רגיש ביותר אשר יבטל במשך הזמן?

ב מחסיבות לעיל, נקבע בתקנות

החשמל (האריקות ואמצעי הגנה בפני חישמול, תקנה 69, כי מפסק מגן המהווה הגנה **בלעדית** יהיה בעל זרם הפעלה של 30 מיליאמפר **לפחות** מותר ערך הפעלה גבוה יותר, לפי אופי המיתקן וגודלו, אך אסור זרם הפעלה נמוך יותר, וזאת כדי שלא יגיעו לביטול המפסק המהווה את ההגנה הבלעדית למיתקן.

לבסוף, רצוי לציין שמוטל על החשמלאים להודיך את לקוחותיהם כיצד לטפל מהלכה במפסקי מגן כדי למנוע הידבקות המגעים עקב אי פעולה של המפסק במשך זמן ממושך. יש להפעיל את כפתור הבדיקה פעם בחודש ולמנוע בכך את הסיבה השכיחה ביותר לכשל בפעולה התקינה של המפסק.

עבודה בקירבת קו מתח גבוה

הבעיה

האם חשמלאי, שאינו בעל רישיון למתח גבוה רשאי לטפל בקו מתח נמוך על עמוד חשמל הנושא גם קו מתח גבוה (עמוד משולב), ללא ניתוק קו המתח הגבוה?

בתקנות החשמל (האריקות ואמצעי הגנה בפני חישמול במתח עד 1,000 וולט), וזאת על ידי הוצאה מפורשת של העמודים האמורים מהפטור שניתן בתקנה 35 (7) לאי אלו נופים מתכתיים אשר אינם זקוקים להארקה.

מאדך ניסא, הוועדה ממליצה, לכל מי שאחראי לרשת תאורת רחובות, או לרמזורים, או לעמודי פרסומת או שילוט מוארים, לדאוג לתחזוקה נאותה ולבדיקה תקופתית (אולי מדי שנה), של נאותות ההארקה, מאחר שהתנודות המתמידות של עמודים אלה, הנובעות משמש התנועה בסביבתן, עלולות לגרום לבלאי מוגבר של הבידודים או להתרופפות הדקי ההארקה.

חשוב מאוד שחשמלאים שיש להם אחריות לעמודים מעין אלה, יקפידו על בדיקות תקופתיות.

הגנה באמצעות מפסק מגן בעל זרם הפעלה של 10 מיליאמפר

הבעיה

תקנות החשמל (מעגלים סופיים הניזונים במתח עד 1,000 וולט) קובעות – בתקנה 19 (ה) – כי סותר להתקין בתי תקע באיזור 3 של חדרי אמבטיה או מקלחת, ובלבד שיהיו מוגנים באמצעות מפסק מגן בעל זרם הפעלה שלא יעלה על 30 מיליאמפר.

עדיף אולי לדרוש שמפסק המגן יפעל בזרם של 10 מיליאמפר בלבד, כי כך תינתן הגנה מהירה וטובה יותר ויימנע ההלם המתלווה מדי פעם לחישמול, אשר נפסק רק בגבולות 20-30 מיליאמפר?

תשובת הוועדה

א בתקנה האמורה נקבע כי זרם ההפעלה **לא יעלה** על 30 מיליאמפר, דהיינו מותר להשתמש במפסק של 10 מיליאמפר או כל ערך אחר עד 30 מיליאמפר. אך, מאחר שידוע לכולנו שמפסקי מגן עלולים, מסיבות שונות, להגיע לפעמים לשימוש (Trip), גם כשאין תקלה במיתקן, הרי ברור שהפסקות בלתי רצויות עלולות

הוראות הבטיחות הפנימיות של חברת החשמל אכן עוסקות בנושא, בפירוט מלא לגבי עובדיה. יש להניח שמפעלים המעוניינים בכך יוכלו לפנות אל חברת החשמל לקבלת מידע מתאים.

הגנה בפני חישובול של רשת מתח גבוה המוזנת מדיזל גנרטור באספקה חלופית

הבעיה

במיתקנים רבים קיימים דיזל גנרטורים לאספקה חלופית בעת כשל באספקה הרגילה. בדרך כלל, מדובר במיתקנים למתח נמוך. התנאים להבטחת הבטיחות החשמלית של מיתקן הצריכה ושל רשת החשמל הציבורית המזינה את המיתקן מפורטים בתקנות החשמל (התקנות גנרטורים למתח נמוך, התשנ"א – 1991). אולם קיימת בעיה כשמדובר באספקת חשמל חלופית באמצעות דיזל גנרטור לקטע של מתח גבוה, לרבות השנאים המותקנים בקטע האמור ורשתות המתח הנמוך המזונות על ידיהם.

(II) קו הזינה הרגיל, אשר חייב להיות מנותק כליל מהקטע שרוצים להזין.

(III) הגנרטור המשמש מקור זרם חלופי ומחובר בצד המתח הנמוך של שנאי החלוקה הראשון, המשמש להעלאת המתח.

(III) האפשרות לנתק יציאה מיציאות מתח נמוך של השנאי, לפי יכולת הגנרטור, או חשיכות היציאה האמורה.

(IV) קטע של רשת מתח גבוה, לרבות שנאי החלוקה המותקנים בקטע זה.

(V) משנה מתח תלת מופעי קטן, המחובר בצורת כוכב/ משולש סגור, עם נקודת הכוכב מוארכת ומיסר שימוש מותקן בצד המשני.

סידור כזה, אשר הופעל בעבר, בשעת חירום מלחמתית, אושר עכשיו על ידי ועדת הפירושים לשימוש גם בשעת חירום חשמלית, דהיינו בזמן כשל ברשת הציבורית, כשיש אפשרות להשתמש בדיזל גנרטורים גדולים (400 עד 600 קו"א) כדי לקיים אספקת חירום בשטח רחב, כגון שכונה עירונית, או מספר יישובים כפריים.

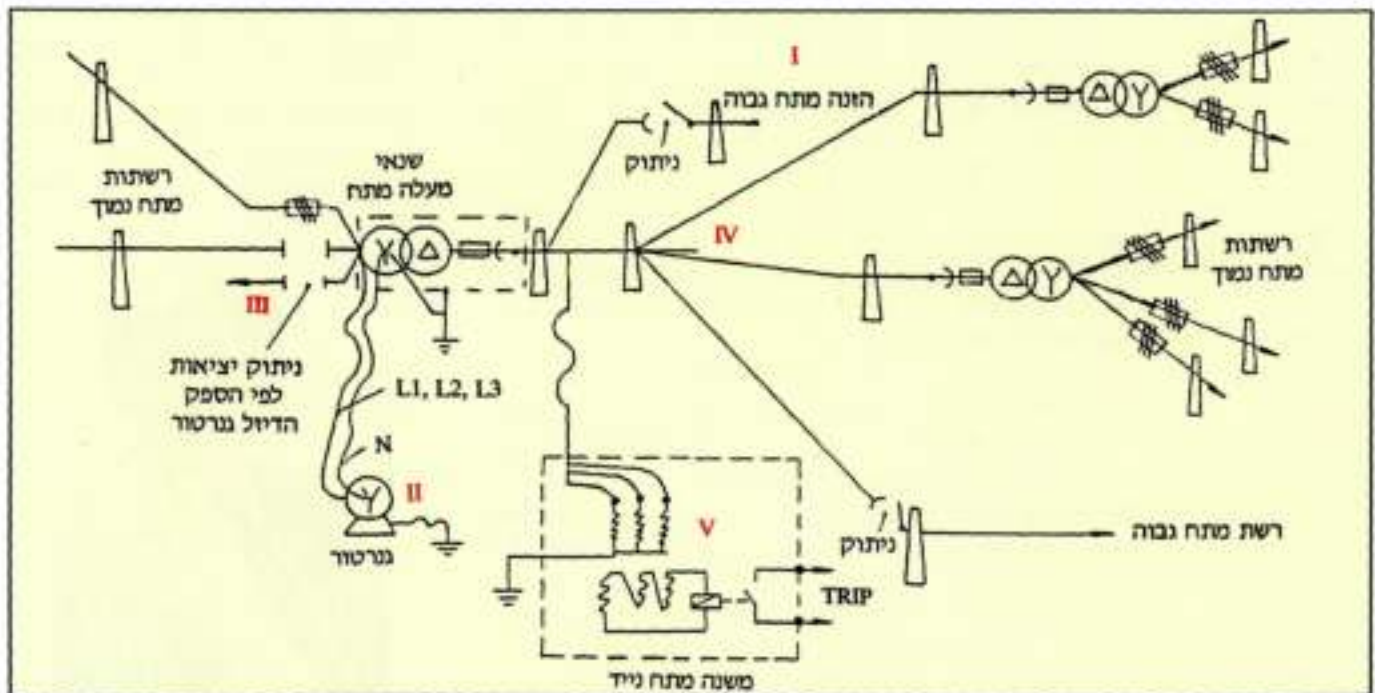
הבעיה היא שבדגם הניתוק של קטע רשת מתח גבוה ממקור הזינה הרגיל שלה, היא מאבדת את ההגנה נגד קצר לאדמה, כי הגנה זו ממוקמת רק בתחנת המשנה אשר ממנה יוצא הקו של מתח גבוה. כתוצאה מכך, יכול מוליך של מתח גבוה להיקרע וליפול על הקרקע, או על גוף מוארק אחר, מבלי שהמתח שלו יופסק, והוא ימשיך להיות סכנה חמורה לכל מי שנמצא בקידבתו המידית.

במקרים כאלה נהוג להתקין ליד הדקי המתח הגבוה של השנאי הראשון, המעלה את מתח הגנרטור לזה של הרשת למתח גבוה, שנאי קטן ליצירת "נקודת כוכב" מלאכותית אשר:

(א) מייצבת את מתח הרשת על ידי יצירת הארכת שיטה.

(ב) מאפשרת, במקרה של אי איזון המתחים בצד הראשוני שלו (המתח הגבוה), להרגיש בזרם התקלה בצד המשני (המתח הנמוך), אשר מפעיל מיסר לשימוט (Trip) של הגנרטור.

באיור 1 להלן מתוארים:



איור 1

תרשים הגנה בפני חישובול של רשת מתח גבוה המוזנת מדיזל גנרטור באספקה חלופית

מערכות חשמל בחדרי הסקה

הבעיה

איזה סוג מיתקן חשמל נדרש לפי חוק החשמל בחדרי הסקה המופעלים בסולר או בגז?

תשובת הוועדה

לדאבוננו, טרם הגענו לטיפול בנושא ולהכנת תקנות למקומות עבודה בעלי רגישות מיוחדת לחום ולסכנת אש או התמצצות, למעט האיזורים השונים בתקנות אחדות (למשל, לוחות, העמסת מוליכים, מעגלים סופיים וכו') המפנות תשומת לב לעובדה שבמקומות אלה יש

לנקוט צעדים מתאימים להגנת הצידוד.

עם זאת, הוועדה מפנה את תשומת לב הקוראים לתקנים הגרמניים VDE 0100 חלק 720, וכן ל-VDE 0116, שבהם יש התייחסות מפורטת לנושא.

דו"ח בדיקת הפעלה ראשונית של מיתקן חשמלי

הבעיה

בכל תקנות החשמל נקבעה החובה לבדוק מיתקן חשמל בהתאם לדרישות שבתקנות, לרשום את תוצאות הבדיקה ולשמרן "בידי הבודק, בעל המיתקן או מחזיקו".

כידוע, הבדיקה הראשונית, לפני חיבור המיתקן לרשת החשמל, נעשית בידי בודק של חברת החשמל. האם חייבת חברת החשמל, על פי בקשת בעל המיתקן או למחזיק בו למסור דו"ח של תוצאות הבדיקה?

תשובת הוועדה

עמדת ועדת הפירושים היתה כי אכן יש למסור דו"ח מפורט, לפי בקשה. לאחר התייעצות עם הגורמים המשפטיים במשרד האנרגיה והתשתית ובחברת החשמל, סוכם ואושר על ידי מנכ"ל חברת החשמל, כי החברה תמסור דו"ח בדיקת המיתקן, לפי דרישה, לבעל המיתקן או למחזיק בו, או לחשמלאי המפעל בשם.

הענקת תעודות הוקרה באגודת מהנדסי חשמל ואלקטרוניקה

טקס הענקת תעודות הוקרה למהנדסים מצטיינים בהנדסת חשמל והנדסת אלקטרוניקה, החברים בלשכת המהנדסים, האדריכלים והאקדמאים במקצועות הטכנולוגיים התקיים ב"ט חשון תשנ"ג (15 בנובמבר 1992) בבית המהנדס נתל אביב. בין מקבלי תעודות ההוקרה היה גם אינג' יעקב אהרונסון.

ואלקטרוניקה החליטה להעניק לאינג' יעקב אהרונסון תעודת הוקרה:

- על תרומתו המיוחדת ורבת השנים בפיתוח רשת החשמל והקמת תחנות סח במפעלי ים המלח ובחברת החשמל לישראל,
- על החדרה והעמקת מקצוע החשמל בקרב מהנדסים ומפעלים,
- על פעילותו הברוכה רבת השנים באגודת האינג'ירים והארכיטקטים לימים לשכת המהנדסים והאדריכלים,
- על פעילותו ללא לאות בקליטת מהנדסים עולים,
- על הקמת אגודת "מיטר" – המרכז הישראלי לטיפול רעיונות טכנולוגיים של מהנדסים עולים,
- על תבונתו, שאר רוחו וניווט הפעילות באגודת מהנדסי החשמל.

ב-29 בינואר 1992 הוענק לאינג' יעקב אהרונסון התואר "יקיר הלשכה", בטקס חגיגי, שנערך במהלך המושב האחרון של הוועידה הראשונה של לשכת המהנדסים, האדריכלים והאקדמאים במקצועות הטכנולוגיים, אשר התקיים בנוכחות כל הצירים שהשתתפו במושב הוועידה.

בטכניון בגרמניה ולאחר מכן בטכניון בנאנסי שבצרפת. עם סיום לימודיו כמהנדס חשמל בשנת 1928 נפגש עם מנחם רוטנברג ולפי עצותו יצא להשתלמות בחברת A.E.G הגרמנית. בשנת 1930 עלה לארץ ולבקשתו של רוטנברג סייע בהקמת תחנת הכוח של חברת האשלג בים המלח. כעבור ארבע שנים עבר לעבוד בחברת החשמל בתל אביב, השתתף בהקמת תחנת הכוח רדינג א', ובשנת 1948 מונה למהנדס התחנה. לאחר מכן התמנה למנהל תחנת הכוח של חברת החשמל במחוז הדרום.

בשנת 1969 התמנה למנהל מחוז הדרום ולחבר הנהלת חברת החשמל. ב-1970 פרש לגימלאות.

במשך שנים רבות היה יעקב אהרונסון פעיל באגודת האינג'ירים והארכיטקטים, כיהן כיו"ר בית הדין של האגודה, כחבר הוועד המרכזי וכיו"ר המועדון ההנדסי. השתתף בהקמת ועד הקליטה של האגודה ובהקמת אגודת "מיטר" – המרכז הישראלי לטיפול ברעיונות של עולים.

ועדת הפרס של אגודת מהנדסי חשמל

אינג' יעקב אהרונסון, בן 90, יליד אוקראינה, שם למד בחדר ובישיבה. במלחמת העולם הראשונה ברח מהישיבה ולמד בבית אביו, שהיה רבה של העיר קייב עד למהפכה הבולשביקית. לאחר מכן נמלטה המשפחה לברלין. בשנת 1923 עלה האב לארץ ישראל, ונתמנה לרבה של תל אביב-יפו, ואילו יעקב נשאר ללמוד



אינג' יעקב אהרונסון



טורבינת המים לייצור חשמל על הירדן ההררי (קיבוץ כפר הנשיא)

מהנדס אילן ירום, M.Sc., מהנדס אברהם יניב

תחנת כוח הידרואלקטריות הן אמצעי זול לייצור חשמל, הפעלתן קלה יחסית והן אינן מזהמות את הסביבה. כמות החשמל המיוצרת בתחנות כוח הידרואלקטריות, בארצות המשופעות בנהרות (שוודיה, נורווגיה, קנדה, שוויץ ואוסטריה), מגיעה עד ל-50% ויותר מצריכת החשמל בארצות אלו. בישראל אין נהרות גדולים ולכן אין בה תחנות כוח הידרואלקטריות גדולות. בשנים 1932-1948 הופעלה תחנת הכוח ההידרואלקטרית בנהריים, בשפך הנהרות של הירדן והירמוך, בהספק של 18 מגואט. מקורות המים של ישראל מאפשרים הקמת טורבינות קטנות להפקת חשמל. בישראל הוקמו שש טורבינות בהספקים של 215 קילוואט עד 2,600 קילוואט על ידי יזמים פרטיים, ששילבו מערכות של הובלת מים עם טורבינות מים לייצור חשמל.

המים זורמים באפיק הירדן. בחורף 1992 מי הירדן הציפו את הסוללה ונלשו מעליה.

בשנות שבהן יש זרימה חלשה – בקיץ ובסתיו – פתח הוויסות קובע את חלוקת המים בין הירדן לתעלת ההטיה.

הטורבינה היא מטיפוס "פרנסיס" בעלת שני מאיצים ושתי מערכות ויסות כדי לאפשר ניצולת טובה בכמויות מים משתנות. ברז מסוג פרפר ראשי משמש לסגירה מוחלטת של המים הזורמים לטורבינה.

לצורך הטיית מי הירדן אל הטורבינה נעשה שימוש באתר זה. על הירדן נבנתה סוללה ובה פתח ויסות לקביעת חלוקת המים בין הירדן לתעלת ההטיה. בתחתית הסוללה הותקנו צינורות המבטיחים זרימת כמות מים של 3 מ"ק לשניה, למחות בירדן. כמות המים הדרושה להפעלת הטורבינה בהספק המלא היא 7.5 מ"ק לשניה.

בשנות שבהן יש זרימה חזקה בנהר הירדן – בחורף ובאביב – פתח הוויסות מפנה 7.5 מ"ק מים לתעלת ההטיה ורוב

התחנה ההידרואלקטרית בנהר הירדן

בחודש ינואר 1992 הופעלה התחנה ההידרואלקטרית בנהר הירדן. כיום זו התחנה ההידרואלקטרית הגדולה ביותר בארץ. היא מייצרת חשמל בהספק של 2.6 מגואט. התחנות השנתית לייצור חשמל באמצעותה היא של 14 מיליון קו"ש.

התחנה הוקמה על ידי קיבוץ כפר הנשיא וחברת טורל השקעות למטרת ייצור חשמל ומכירתו לחברת החשמל.

איור 1 מציג מראה כללי של תחנת הכוח ההידרואלקטרית בכפר הנשיא.

תיאור כללי

כ-500 מ' דרומית לנשר בנות יעקב, בנו בשנות החמישים את אתר הטיית מי הירדן אל מוביל המים הארצי. באתר זה הורחב אפיק הירדן, נבנה סכר ונבנתה תעלת הטיה. בגלל לחצים פוליטיים חיצוניים, שהופעלו על ממשלת ישראל, העבירו את נקודת ההתחלה של המוביל לכינת והאתר נעזב.



איור 1

תחנת הכוח ההידרואלקטרית של כפר הנשיא, מראה כללי

א' ירום – מנהל מחלקת צרכנים טכנית, מחוז הנמון, חברת החשמל
א' יניב – מחלקת צרכנים טכנית, מחוז הנמון, חברת החשמל



איור 2

השתלבות תחנת הכוח ההידרואלקטרית באפיק הירדן

מערכת ההגנה מנתקות את המזביג וסוגרות את ברו הפרפר של המים במקרים חריגים, כגון: ניתוק רשת החשמל, קיום מתחים וזרמים חריגים.

מאחר שהתחנה אינה מופעלת באמצעות חברת החשמל, קיים החשש שבמקרה של תקלה או הפסקת הזרם ברשת, הגנרטור ימשיך לספק חשמל לרשת החשמל במקרה זה קיימת סכנה של המשך ורימת הזרם בנקודת התקלה (קצר), וכן סכנת התחשמלות של השבדים המטפלים ברשת. מסיבה זו הגנרטור אינו מתוכנן לעבודה עצמאית אלא רק כאשר הוא מחובר לרשת פעילה של חברת החשמל.

בעיה זו לא קיימת אצל יצרנים בעלי גנרטורים אסינכרוניים אשר, כידוע, אינם פעילים ללא מתח הרשת.

לפי בקשת מחלקת תפעול הרשת של חברת החשמל, הותקן לאחר מנתק הקו מקטע עם שלט רחוק, המאפשר את

העירור מתבצע במערכת ללא מברשות. על ציר הגנרטור מורכב מעורר המספק את המתח לסלילי העירור.

הגנרטור מחובר ללוח הראשי (6.6 ק"ו) באמצעות מפסק זרם אוטומטי המבדד בנו SF_6 (מזביג).

כבל תת קרקעי 6.6/10 ק"ו באורך של 1,860 מטר מחבר את הלוח הראשי אל שנאי 6.6/22 ק"ו, 3,000 ק"ו.א. שנאי היצואי זה מותקן בנקודת ההטיה של מי הירדן. השנאי מחובר לרשת עילית של חברת החשמל דרך מזביג ראשי.

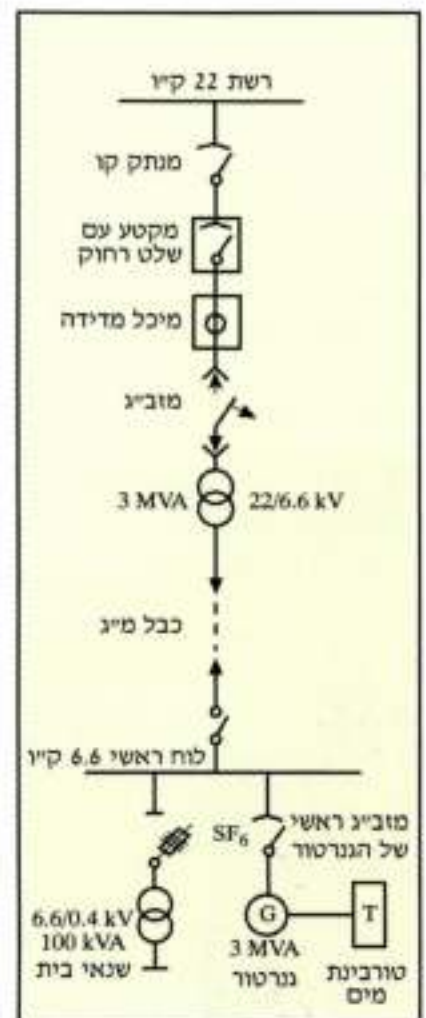
הפעלת הטורבינה נעשית באופן אוטומטי. בתחילה נפתח ברו הפרפר הראשי, המים מסוככים את הטורבינה והגנרטור. כאשר הגנרטור מסתובב בהתאם למספר הסיבובים הנקוב שלו, מערכת הסינכרון בודקת את התדר, המתח וסדר המופעים של הגנרטור והרשת. כאשר המערכת מגיעה לאיוון מתחבר המזביג של הגנרטור.

באזור 2 מוצגת תמונה המתארת במראה כללי את אופן ההשתלבות של תחנת הכוח ההידרואלקטרית של כפר הנשיא באפיק הירדן.

תיאור מיתקן החשמל

להבדיל מכל הטורבינות לייצור חשמל בארץ – טורבינות מים וטורבינות רוח – השבדות עם גנרטור אסינכרוני, הגנרטור בטורבינה בתחנה ההידרואלקטרית הוא סינכרוני (בעל עירור ז"י ברוטור). לפיכך, במקרה זה יש צורך במערכות סינכרון, בקרה והגנה מיוחדות.

תרשים סכמטי של מיתקן החשמל באתר מוצג באיור 3.



איור 3

תרשים של מיתקן החשמל באתר



איור 4
מראה הטורבינה והגנרטור

ניתוק הטורבינה מרשת החשמל על ידי פקדה מהפיקוח על הקווים של חברת החשמל.

באיור 4 ניתן לראות את הטורבינה והגנרטור המותקנים בתחנת הכוח ההידרואלקטרית.

תפעול הטורבינה

התחנה מיועדת לעבודה עצמאית והיא איננה מאוישת. מערכת הבקרה שולטת על הפעלת הטורבינה באופן הבא:

בחורף ובאביב לאחר הגשמים, כאשר יש בירדן זרימת מים חזקה, מופעלת הטורבינה בהספק מלא כל שעות היממה. בקיץ ובסתיו, כאשר אין מספיק מים, מפעיל הבקר את התחנה בשעות הפיסגה תמיד (תוך שימוש במים שבאגם), ובשעות הנבע והשפל – בהתאם לכמות המים בירדן.

לאחר שנפתרו הבעיות הראשוניות בהרצת המיתקן, הוא עובד כיום בתפוקה של כ-90% מהספקו הנקוב, וזאת בגלל בעיות הידרודינמיות ולא בעיות חשמליות.

בטבלה 1 מוצגים נתוני ייצור החשמל באמצעות הטורבינה החל מהפעלתה.

סיכום

תחנת הכוח ההידרואלקטרית של כפר הנשיא השתלבה במערך ייצור החשמל.

אמנם, נושא איכות הסביבה אינו שייך לליבון הבעיות הטכניות של

תחנות כוח הידרואלקטריות, הרי לאחר שהוקמה תחנת כוח זו, על אף "המלחמות הכבדות", שניהלו היוזמים עם הרשויות לשמירת איכות הסביבה בשלבי ההקמה המוקדמים, יש לציין כי לטובת הציבור כולו מהווה אתר תחנת הכוח "פנינה" תיירותית באזור.

כאמור, הגנרטור בתחנת כוח הידרואלקטרית זו הוא גנרטור סינכרוני.

חיבור גנרטור כזה לרשת החשמל מחייב קיום של כל תנאי הסינכרון, ולכן בתחנה זו הותקנה מערכת סינכרון מורכבת ומערכת הגנות משוכללת.

היתרונות של תחנת כוח זו הם:

- עלות ייצור החשמל נמוכה ביחס לעלות ייצורו בתחנת כוח קיטורית.
- תהליך ייצור החשמל אינו מזהם את הסביבה.
- יש אפשרות לתמרן את השימוש בתחנת כוח זו. ניתן לשלבה בהספק מלא בשעות הפיסגה, ובהספק חלקי, בהתאם לכמות זרימת המים בירדן, בשעות הנבע והשפל.

טבלה 1

נתוני ייצור החשמל באמצעות טורבינת מים

חודש	פיסגה (קוט"ש)	גבע (קוט"ש)	שפל (קוט"ש)	סה"כ ייצור (קוט"ש)	שיא ביקוש (קוט"ש)
1/92	160,400	489,160	645,120	1,294,680	2,360
2/92	68,600	154,320	260,440	483,360	2,284
3/92	706,440	136,960	910,320	1,753,720	2,296
4/92	536,920	113,800	778,560	1,429,280	2,292
5/92	413,160	92,840	534,400	1,040,400	2,272
6/92	257,320	392,080	812,080	1,461,480	2,260
7/92	267,200	435,720	932,680	1,635,600	2,276
8/92	282,280	409,000	796,600	1,487,880	2,304
9/92	253,360	390,960	1,025,920	1,670,240	2,324
10/92	444,120	222,040	823,040	1,489,200	2,336
11/92	669,320	130,040	799,400	1,598,760	2,396
12/92	212,240	607,920	932,400	1,752,560	2,392
סה"כ	4,271,360	3,574,840	9,250,960	17,097,160	

תאונת חשמל ולקחה

מהנדס יוסף בלבל

חישמול במיתקן חשמל במתח גבוה

חשמלאי בעל רישיון "חשמלאי מעשי" נכנס לתא מתח גבוה המכיל, בין השאר, לוח חשמל משני עם פס צבירה במתח 6.6 ק"ו, לצורך החלפת נורה. בעת כניסתו לתא המתח הגבוה, פס הצבירה היה תחת מתח. במהלך עבודתו לצורך החלפת הנורה, נגע גבו בהדקים שעל פס הצבירה, וכתוצאה מכך הוא התחשמל.

תיאור כללי של מיתקן החשמל באתר

מיתקן החשמל באתר שבו התרחש החישמול מקבל הזנה במתח גבוה 22 ק"ו מחברת החשמל. באופן כללי קיים במיתקן לוח חשמל ראשי המקבל אספקה במתח 22 ק"ו. לוח זה מוזן שני שטאים 22/6.6 ק"ו, שכל אחד מהם מחובר ללוח משני.

אספקת החשמל לאתר יכולה להתבצע בשלושה אופנים:

- חד השנאי T_1 ודרך שני הלוחות המשניים, כאשר המקשרים בין הלוחות מחוברים.
- חד השנאי T_2 ודרך שני הלוחות המשניים, כאשר המקשרים בין הלוחות מחוברים.
- חד השנאים T_1 ו- T_2 בו זמנית, כאשר המקשרים בין הלוחות המשניים מנותקים.

במצב עבודה רגיל, האספקה לאתר היא באמצעות שנאי T_2 , אשר מוזן את שני הלוחות המשניים (מודישים – מפסקי זרם דלי שמן CB_1, CB_2, CB_{21} ומפסקים S_{12} ו- S_{22} סגורים ומודישים CB_{11} ו- CB_{21} פתוחים).

איור 1 מציג תרשים חשמלי בסיסי של מיתקן החשמל באתר.

נוהל האירועים שקדמו לחישמול

לצורך ביצוע עבודות צביעה ואחזקה בשנאי T_2 , נדרש לנתק אותו ממתח

- מודישים CB_2 ו- CB_{21} הוצאו ממקומם כדי לנתק את שנאי T_2 מהרשת.

- משני צידי השנאי T_2 , צד המתח הגבוה וצד המתח הנמוך, הותקנו מקשרים בין המופעים לבין הארקה השנאי במטרה למנוע חזרת מתח בטעות אל השנאי בעת ביצוע העבודות בו.

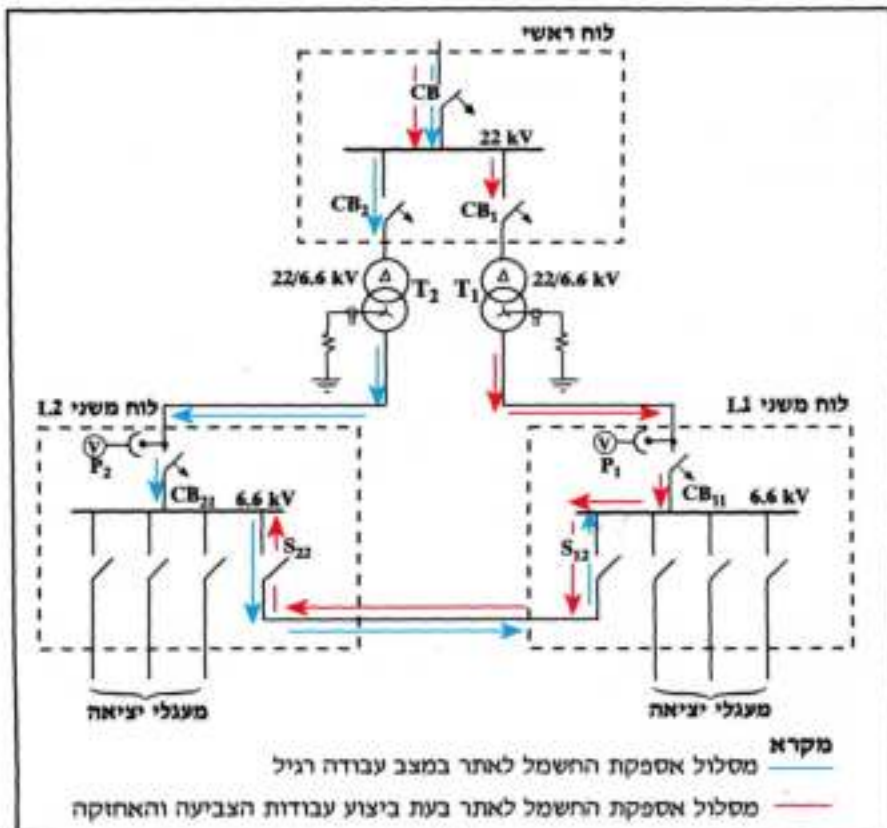
- על מודישים CB_2 ו- CB_{21} הותקנו שלטי אוזרה המתריעים על ביצוע עבודות בשנאי ועל איסור חידוש אספקת החשמל לשנאי ללא רשות.

ולאפשר אספקת חשמל לאתר באמצעות שנאי T_1 , ודרך שני הלוחות המשניים, כאשר המקשרים בין הלוחות S_{12} ו- S_{22} מחוברים.

הפעולות שבוצעו לצורך כך בוצעו על ידי מהנדס החשמל באתר, שקיבל סיוע מחשמלאי מעשי העובד באתר.

הפעולות שבוצעו היו:

- ניתוק אספקת החשמל לאתר מרשת חברת החשמל על ידי פתיחת מודישי CB_2 (מפסק זרם בצד המתח הגבוה של השנאי) ומודישי CB_{21} (מפסק זרם בצד המתח הנמוך של השנאי).



איור 1

תרשים חשמלי בסיסי של מיתקן החשמל באתר

י' בלבל – מנהל מחלקת צרכנים טכנית, מחוז הדרום, חברת החשמל

תאונת חשמל ולקחה

לוח משני L_2 , ולהיכנס לתא מתח גבוה לצורך החלפת הנורה.

■ החשמלאי ראה שמד המתח P_2 מראה אפס וולט ושמודי CB_{21} שלוף. הוא חשב שהקריאה מתייחסת למתח בפס הצבירה 6.6 ק"ו בלוח המשני L_2 . אולם הדבר לא תאם את המצב בתא מפני שבגלל מיקומו של מד המתח P_2 הוא אינו מודד את המתח בפס הצבירה 6.6 ק"ו בלוח משני L_2 , כאשר מודי CB_{21} פתוח, כיוון שבמקרה זה הוא אינו מחובר אליו.

סיכום

מדי להימנע מתאונות חשמל יש לבצע עבודות חשמל בצורה בטיחותית. הבסיס לעבודה בטיחותית הוא עמידה בנדרש בחוק החשמל ובתקנותיו המעודכנות ובתקנות הכטיחות בעבודה (חשמל).

בעת ביצוע עבודות במיתקני חשמל במתח גבוה, יש לפעול במדויק על פי מפקדות מפורטות בכתב ולהדריך את כל הנוגעים בדבר לגבי הנדרש מהם במהלך ביצוע העבודה. כמו כן, יש לוודא שמיתקני החשמל יהיו מתוכננים ובנויים בצורה המאפשרת עבודה בטיחותית.

■ פעולת האחזקה של שנאי T_2 בוצעה ללא פקודה בכתב, המתארת את שלבי הביצוע הנדרשים.

■ החשמלאי המעשי ביצע עבודה במיתקן חשמל בעל מתח גבוה מבלי שהוסמך לכך בהתאם לנדרש בתקנות החשמל (רישיונות) בנושא זה.

בתקנות החשמל (רשיונות) קיית 4778, קיימת התייחסות בקשר לעבודה של חשמלאי מעשי במיתקני מתח גבוה. בתקנות נאמר: "חשמלאי מעשי רשאי במיתקן חשמלי בעל מתח גבוה לעסוק בביצוע עבודות חשמל בהשגחתו ובנוכחותו של בעל רשיון מהסוגים: חשמלאי טכנאי, חשמלאי הנדסאי או חשמלאי מהנדס, ובלבד שיש בידו תעודת סיום של קורס בנושאי בטיחות מיתקני חשמל מתח גבוה, ומתן עזרה ראשונה לנפגעי חשמל, ולאחר שעמד בהצלחה בבחינות שערכה יחידת הבחינות."

■ המפתחות של איזור המתח הגבוה נמצאו בארון מפתחות שלכל עובד יש גישה אליו, וללא נעילה, דבר שאיפשר לחשמלאי העוזר לקחת את המפתחות של ארון החשמל בו נמצא

■ חדשה אספקת החשמל לאתר דרך שנאי T_1 ודרך שני לוחות החשמל המשניים, כאשר המקשרים בין הלוחות מחוברים (מודישים) CB_1 , CB_{11} ומפסקים S_{12} ו- S_{22} סגורים, ומודישים CB_2 ו- CB_{21} פתוחים.

■ איזור לוחות החשמל במתח גבוה ננעל מחדש והמפתח הונח במקומו הקבוע – בארון מפתחות החירום, אשר בחדר הפיקוד באתר.

■ כיומן התיפעול באתר נרשם בשנאי T_2 מנותק מהרשת.

■ מהנדס החשמל באתר הסביר לחשמלאי המעשי את הסיכון הקיים בחיבור מחדש של מודישים CB_2 ו- CB_{21} , ואת הסכנה בכניסה לאיזור לוחות החשמל במתח גבוה הנמצאים תחת מתח.

תיאור החישמול

לאחר ביצוע פעולות הניתוק האלה, החשמלאי המעשי החל בפעולות אחזקה של שנאי T_2 . במהלך ביצוע העבודות החליט החשמלאי להחליף נורה שרופה בתא המתח הגבוה שבו נמצא לוח משני L_2 . לצורך זה לקח החשמלאי ללא אישור את המפתחות של איזור המתח הגבוה ונכנס לתא מתח גבוה.

במהלך החלפת הנורה ננע גבו של החשמלאי בהדקים שבפס הצבירה (6.6 ק"ו) וכתוצאה מכך התחשמל החישמול גם לפעולות ההגנות במיתקן החשמל ובכך להפסקת אספקת החשמל למיתקן.

ניתוח האירוע

החישמול באתר התרחש עקב שורה של פעולות וגורמים סביבתיים באתר, המצביעים על כך שנושא הבטיחות בעבודה, במיוחד בנושא הסכנה מחישמול, לא היה משורש בצורה טובה בקרב העובדים באתר.

■ פעולות הניתוק של שנאי T_2 לצורך ביצוע עבודות האחזקה בוצעו על ידי מהנדס החשמל באתר בהתאם להוראות הבטיחות, אולם ללא פקודת הפסקה בכתב כנדרש.

הכנס המקצועי השנתי ה-10 של העוסקים בתחום החשמל בישראל

הכנס המקצועי השנתי ה-10 של העוסקים בתחום החשמל בישראל יתקיים ביום שלישי, 7 בספטמבר 1993, במרכז הקונגרסים בתל אביב. ככל שנה יכלול הכנס שני מושבים, כמפורט להלן.

מושב א' – המיפגש המרכזי

המושב המרכזי יתקיים בהשתתפות כל באי הכנס ויכלול:

- דברי פתיחה. ■ ברכות. ■ הרצאה מרכזית.

מושב ב' – הרצאות מקצועיות בקבוצות

במושב זה יתפצלו המשתתפים ל-5 קבוצות. כל משתתף יוכל למצות בצורה מירבית את מינון ההרצאות ולהשתתף בקבוצות שבוין נכללות הרצאות בנושאים שיש לו עניין בהם. בכל אחת מהקבוצות, בסיומן של ההרצאות המקצועיות, יתקיים דיון (רב שיח) בהקשר לנושאי ההרצאות שהיו בקבוצה.

ההרצאות בקבוצות יהיו בתחומים הבאים:

- פיתוח ויעול משק החשמל הביתי.
- חקיקה, תקינה ובטיחות השימוש בחשמל.
- מיתקני חשמל במתח נמוך.
- מיתקני חשמל במתח גבוה.
- איכות החשמל.

פרטים נוספים

פרטים מלאים על נושאי ההרצאות, המרצים, המנחים, לוח הזמנים המדויק וסדרי ההרשמה ישלחו לכל אנשי מקצוע החשמל הנכללים בקהיליית "התקע המצדיע".



מערכות חשמל מקושרות

מהנדס אברהם סט

רוב מערכות החשמל הגדולות בעולם כיום הן מערכות מקושרות (laterconnected) כלומר, מערכות חשמל לאומיות או פרטיות המחוברות חשמלית זו עם זו. קישור מערכות החשמל גורם לרווח כלכלי ולהעלאת האמינות של כל אחת מהרשתות. מערכות החשמל המקושרות חוצות גבולות פוליטיים, והראיה לכך היא מערכת החשמל האירופית, שבה מערכות החשמל בארצות מזרח אירופה וארצות מערב אירופה היו מקושרות חשמלית גם בעיצומה של המלחמה הקרה. לעומת זאת, באזורנו, סיבות פוליטיות מונעות כיום את קישור מערכת החשמל הישראלית אל מערכות החשמל של המדינות השכנות, אם כי בשנים האחרונות עולה מדי פעם הרעיון לשיתוף פעולה בין מדינות האזור. מערכות החשמל במדינות השכנות כבר מקושרות חשמלית בצורה חלקית ונמצאות בתהליך של תיכנון הרחבת הקשרים.

מערכת חשמל מקושרת יתרונות וחסרונות

החשיבות של קישור מערכת החשמל נובעת משני אילוצים עיקריים, המאפיינים מערכת לייצור ולאספקה של חשמל:

- קשה מאוד לאגור אנרגיה חשמלית.
- את הביקוש להספק חשמלי יש לספק באופן מיידי.

בגלל האילוצים האלה, במערכות חשמל מבודדות (isolated) יש צורך לשמור על שדף הספק מותקן, היכול להגיע ל-30%-40% משיא הביקוש הצפוי, וכן על שתודה סובבת בסדר גודל של היחידה הגדולה ביותר הפועלת במערכת.

מערכות חשמל מקושרות אמורות לתת את התשובה לבעיות אלה. כדי לדון במבנה של מערכות מקושרות יש לחשוב במושגים של שיקולים כלכליים-גלובליים, החוצים מגבולות לאומיות/פוליטיות. להלן שתי דוגמאות להמחשת העניין:

- בשוודיה נבנתה תחנת כוח הידרו-אלקטרית באיזור מרוחק ודליל צרכנים, אך קרוב למרכזי צריכה חשובים בנורווגיה. התוצאה היא, שהתחנה השוודית מייצרת חשמל כמעט רק בשביל המדינה השכנה – נורווגיה. ניתן לראות את תחנת הכוח הזאת כמפעל שהוקם ליד משאב טבעי, מפל מים, והתוצרת של, אנרגיה חשמלית, מיועדת בעיקר לייצוא.

סמך מצבת תחנות הכוח שלה. מדינה יכולה לייבא חשמל ממערכות שכנות בגלל תקלות במערכת ייצור החשמל שלה או בגלל פיגור בפיתוח מערכות ייצור החשמל שלה. אולם, אפשר גם שהמדינה תיכנה מראש, מתוך שיקולים כלכליים (חוסר משאבים) או שיקולים אקולוגיים (רנישות לאיכות הסביבה) להתבסס על ייבוא אנרגיה בצורה משמעותית.

■ בבוואריה שבגרמניה קיים קו העברה המקשר בין שתי מערכות חשמל שכנות, אשר בגלל השוני בתנאים אקלימיים, בתנאים גיאוגרפיים ובחרכב של מקורות ייצור, כל אחת ממערכות החשמל סובלת ממחסור באנרגיה כאשר לשנייה יש עודף (הפשרת שלגים). לפיכך, הקשר בין מערכות החשמל הוא חיוני ובעל משמעות כלכלית. הקו העובר בתחומי בוואריה נבנה על ידי חברת החשמל הבווארית ומתוחזק על ידה, אם כי היא אינה מקבלת או מספקת חשמל לקו זה, אשר מהווה עבורה מקור הכנסה, הנובע מעצם בניית הקו החשמלי ותחוקתו.

במערכת חשמל מקושרת קשה יהיה להתרשם מצריכת האנרגיה של מדינה על

באיור 1 ניתן לראות את מאון חילופי האנרגיה החשמלית של שוויץ בשנת 1991. בשנה זו ייצור האנרגיה בשוויץ היה כ-55,967 מיליוני קוטי"ש, לעומת צריכה של כ-53,630 מיליוני קוטי"ש. כלומר, עודף ייצור אנרגיה של כ-4 אחוזים. בפועל, באותה שנה ייצאה שוויץ 22,574 מיליוני קוטי"ש וייבאה 20,237 קוטי"ש.



איור 1 ייבוא וייצוא של אנרגיה, במיליוני קוטי"ש, בשוויץ (1991)

אי סט – מחלקת מחקר ופיתוח אנליטי, אגף מחקר ופיתוח, חברת החשמל



עולה לגרום להופעת שרשרת של ניתוקים, עד כדי סיכון יציבות מערכת החשמל המקושרת.

בעיה נוספת שיש לתת עליה את הדעת במערכות חשמל מקושרות היא העלייה ברמת הקצרים, דבר שמחייב להחליף את המפסקים למפסקים יקרים יותר, או להתקין ציוד עזר, כגון ריאקטורים.

מבנה קווי ההעברה

קווי ההעברה של מערכות חשמל מקושרות הם קווי מתח גבוה, מאחר שיכולת ההעברה של הקו היא יחסית לריבוע המתח שלו. במרבית המקרים המתח הגבוה הוא מתח חילופין (HVAC). המתח המקובל ביותר הוא 400 ק"ו, אם כי יש בעולם קווי העברה במתח של 735 ק"ו ומצפים לעלייה לרמת מתחים של 1,000 ק"ו.

השימוש במתח גבוה מתח ישר (HVDC) עבור מערכות ההעברה לכלכלי במקרים של העברה למרחקים גדולים – בדרך כלל, יותר מ-800 ק"מ עבור קווים עיליים. מתח מסוג זה הכרחי במקרים של קישור מערכות חשמל בעלות תדר שונה – 50 הרץ, 60 הרץ – והוא מועדף במקרים של חציית מקורות מים באמצעות כבלים.

השימוש בקטעי קווים של מתח ישר (DC) אמנם מורכב מבחינה טכנית ודורש ציוד המרה (Converting & Inverting) בקצות הקו. התקנת ציוד כזה גורמת לייקור משמעותי של הקו אולם יתרונתיה בהשוואה לקווי מתח חילופין (AC) הן בעיקר במניעת התפשטות של תקלות ממערכת למערכת, ומדובר הן בתגודות הספק-תדר הקשורות בבעיות יציבות והן בזרימי קצר.

השיקולים לקביעת מיקום תחנות הכוח במערכות מקושרות

משבר האנרגיה בשנת 1973 (אמברנו הנפט של מדינות ערב) במקביל להתחזקות התודעה לשמירת איכות הסביבה הביאו לתנופת פיתוח של

מיקום תחנות הכוח ייקבע על סמך שיקולים כלכליים כוללניים ושיקולים אקולוגיים. לדוגמה: מערכת חשמל מקושרת מאפשרת לנצל מקורות אנרגיה טבעיים, היכולים להיות מרוחקים ממרכזי העומס של המדינה שבתחומה ממוקמת תחנת הכוח, אולם קרובים למרכזי עומס של המדינות שבשכנותה. או יש אפשרות לבנות תחנות כוח תרמיות סמוך לקווי ההעברה המקשרים בין המערכות ולהרחיקן מעט מאזורים צפופי אוכלוסייה.

יש חיסכון בהספק מותקן, כלומר ניתן לבנות פחות תחנות כוח מהסיבות האלה:

- קיים שוני בהתנהגות הצריכה במדינות השונות הגורם לכך ששיא ההספק המשותף נמוך מסכום שיאי הביקוש בכל מערכת. השוני בצריכה בין המדינות השונות נובע מהרגלי צריכה שונים וממערכת חגים וחופשות שונה (צירוף אוכלוסייה נוצרית, מוסלמית ויהודית יביא לזי כך שב-50-60 אחוז מימי השנה יהיו ימי שבתון אצל אחת מצד).
- בגלל האפשרות להשתמש בעתודה של מערכות שכנות, נדרשת עתודה קטנה יותר עבור קיום רמת אמינות אספקה מבוקשת.

השפעה נוספת על אמינות האספקה, ובעיקר על התיכנון הכוללני של מערכת האחזקה, כתוצאה מפיזור וגיוון מקורות הייצור. ההשפעה היא פועל יוצא מצירוף של יחידות תרמיות, אשר להן זמינות אקראית, ויחידות הידרו-אלקטריות, שזמינותן תלויה בעודפי המים, שניתן לחזות אותם ולהעריכם בהתאם לתנאים באזור הגיאוגרפי הנתון.

חסרונות מערכת חשמל מקושרת

למערכות מקושרות יש גם כמה חסרונות טכניים. אלה מתבטאים, בעיקר, בבעיה של ויסות מתח ותדר, כאשר התופעה מודגשת ככל שהשוני הטכני בין הרשתות גדול יותר. כמו כן קיימת סכנה של התפשטות הפרעה מקומית ממערכת אחת לשאר המערכות. התפשטות הפרעה

כללית, ניתן לומר, שכאשר עומדים לחבר שתי מערכות חשמליות נפרדות הרי הכדאיות תהיה פונקציה ישירה של התכונות האלה:

- מידת הקירבה הגיאוגרפית בין שתי הרשתות.
- מידת הוהות הטכנית של שתי הרשתות – תדר, הספק, מתח עבודה, ציד, שיטות עבודה וכו'.
- מידת השוני בהרגלי הצריכה בין שתי המערכות – שעות שיא, צורת עקומת משך עומס, ימי חג וחופשות אופייניים ואקלים.
- מידת השוני בסוגי אמצעי הייצור של שתי המערכות – תחנות כוח הידרו-אלקטריות לעומת תחנות כוח תרמיות.

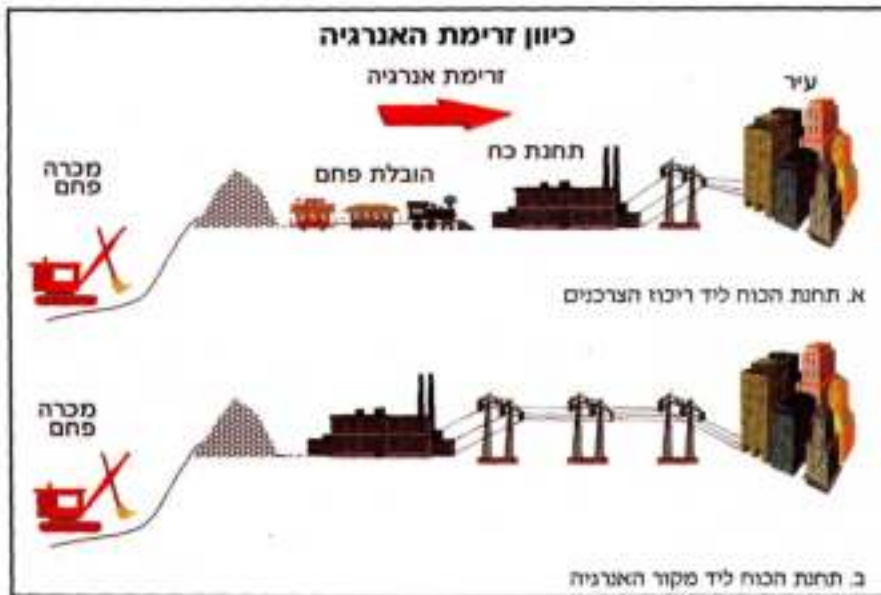
יתרונות מערכת חשמל מקושרת

כתוצאה מתהליך קישור חשמלי של מערכות חשמל צפויים היתרונות האלה:

- אף צורך בעתודה סובבת מקומית גבוהה. במערכות חשמל מקושרות יש אפשרות לקבל מיד אנרגיה חשמלית מטעודה סובבת של מערכות חשמל שכנות – במקרה של חוסר פתאומי באנרגיה חשמלית, הנובע מיציאה מטיפעל של יחידות ייצור או מעלייה חריגה בעומס.

ניתן לבנות יחידות ייצור בהספק גדול (ואז ההוצאות הסגוליות הן מיוערתיות) ולהפעיל אותן על בסיס המחיר השולי המיזערי ללא התחשבות באילוצים של צריכה מקומית, אלא מתוך שיקולים כוללניים וניצול מיגוון מקורות אנרגיה. המצד הנדרש עבור יחידת אנרגיה המיוצרת על ידי תחנת כוח הידרו-אלקטרית תלויה בעתודת המים של התחנה ביום מסוים, כלומר המחיר תלוי בכמויות המים. לעומת זאת, מחיר יחידת אנרגיה המיוצרת בתחנה תרמית הוא בעל אופי יציב יותר ותלוי בעיקר במחיר הדלק.

כך, בתחנות כוח הידרו-אלקטריות יוקטן שיחרור עודפי מים לא מנוצלים ויהיה צורך להשקיע פחות בבניית מאגרים וסכרים לשמירת עודפי מים.



איור 2

זרימת האנרגיה מהמקור אל הצרכנים

המגמה של קישור מערכות החשמל במקביל להתחזקות התודעה של שימור איכות הסביבה מחזקת, למעשה, מבחינה כלכלית את קיומם של מתרונות מסוג זה. אבל מאחר שפתרונות אלה כוללים שינוי בדרך או באמצעי הובלת האנרגיה יש לבדוק גם את ההיבט הכלכלי של שינוי שכזה. זאת, כמובן, בהנחה שיש אמצעים לקירור התחנה.

טבלה 1 מציגה דוגמה של השוואת מחירי הובלת האנרגיה בצורות שונות כמונקציה של המרחק. הטבלה מתבססת על מידע שנאסף בעבר ממקורות שונים. מחירים אלה תלויים, כמובן, בתשתית

הנדרשות לשם קירור התחנה. תחנת כוח תרמית, הממוקמת באזור מרוחק משפת הים, בהתייחס לאמצעים הטכניים הקיימים (מגדלי קירור יבש) ניבנות בהספק מוגבל בלבד.

נשאלת השאלה: מדוע לא למקם את תחנת הכוח התרמית סמוך למקור הדלק המשמש להפעלתו. כלומר, במקום לחובל את הדלק לתחנת הכוח, מדוע לא להקים את תחנת הכוח סמוך לפתח מכרה הפחם או סמוך לבארות הנפט (ראה איור 2), ומשם להוליך את החשמל בקווי העברה רבי עוצמה אל מרכזי הצריכה.

טבלה 1

דוגמה של השוואת מחירי הובלת אנרגיה

מחירים בסנטיים להובלת מיליון BTU, למרחק 150 ק"מ

קו חשמל 500 ק"ו DC	קו חשמל 500 ק"ו AC	קו חשמל 700 ק"ו AC	פחם מועבר ברכבת	גז טבעי מנוזל מועבר ברכבת	פחם מועבר בצינור	צינור גז טבעי	צינור מזוט	מיכליות מזוט	אמצעי הובלה	מרחק (ק"מ)
—	2.40	2.20	6.70	2.70	2.50	2.20	1.20	0.90		300
3.60	2.60	2.40	3.20	2.70	2.20	1.80	0.92	0.45		800
2.60	2.70	2.40	2.60	2.70	1.80	1.75	0.70	0.32		1,300

מקורות אנרגיה מתחדשים הנמצאים בטבע ולהשקעת משאבים לניצולם לעומת ניצול מקורות דלק תרמיים (מזוט, פחם, גז טבעי). מקורות האנרגיה המתחדשים כוללים מלבד ניצול זרימת הנהרות ומפלי המים גם ניצול של אנרגיית הרוח, השמש ואף הירח (גיאותרם ושפלי). מקורות אנרגיה אלה, המכונים כיום לא־קונבנציונליים נחשבו בזמן העתיק למקורות האנרגיה הקונבנציונליים היחידים וניצלו להנעת ספינות, להרמת משאות, לשאיבת מים, לטחינת תבואה ועוד. עלות הפעלתם של מקורות אנרגיה אלה היא מיוערת וניצולם אינו פוגע באיכות הסביבה, אולם מבחינה כלכלית, להוציא ניצול אנרגיית המים, פיתוחם עדין מוטל בספק. אם כי חלקם במכלול יחידות הייצור הולך ועולה הם עדיין מהווים מרכיב שולי במכלול יחידות הייצור.

את מקורות האנרגיה המתחדשים ניתן לנצל רק היכן שהם נמצאים, כלומר, את האנרגיה המכנית שלהם יש להתמיד לאנרגיה חשמלית במקום הימצאם ואותה אפשר להעביר באמצעות קווים חשמליים אל מרכזי הצריכה.

תחנת הכוח התרמית – תחנת המסקנות בפחם, במזוט או בגז טבעי מוקם, כמעט תמיד, סמוך למרכזי הצריכה, כאשר את הדלק הביאו לאתר תחנת הכוח באמצעות מיכליות – יבשתיות או ימיות – או באמצעות צנרת. המיגבלה העיקרית, שקבעה את מיקום תחנת הכוח היא הצורך למקם את תחנת הכוח סמוך לשפת הים או למקור טים בגלל הכמויות האדירות של המים



ובמצב הטכני והכלכלי השורר בכל מדינה, כך שיש להתייחס אליהם בהירות.

תחשיבים מעדכנים יותר מצביעים על הולדת מחירי העברת האנרגיה באמצעות קווי חשמל לעומת הסעת הדלק באמצעי תחבורה יבשתיים (תחנת כוח בהספק של 400 מגואט דורשת כ-3500 טון פחם ליממה). כאמור, ההתפתחות של מערכות חשמל מקושרות תורמת אף היא לחיזוק מצמה זו מאחר שתשתית קווי ההעברה של מערכות החשמל המקושרות עשויה לעבור קרוב למקורות האנרגיה. לפיכך, יש לצפות בשנים הבאות להתחזקות המצמה של בניית תחנות כוח גדולות הממוקמות בסמוך למקורות הדלק.

סקירה על מערכות חשמל מקושרות בעולם

כיום, מרבית מערכות החשמל בעולם הן מערכות מקושרות, להוציא איים, שנוצרו בגלל בעיות גיאוגרפיות או פוליטיות. בדרך כלל, מערכות החשמל המקושרות בנויות מכמה רשתות הסמוכות גיאוגרפית, שהתחברו על בסיס שיתוף פעולה הדוק ויצרו גוש. בגוש שנוצר קיים, בדרך כלל, גם מרכז פיקוח משותף המפקח ומתאם בין מערכות החשמל המקושרות. הקשר בין הגושים שנוצרו הוא חלש יותר.

במערכת החשמל האירופית קיימים כמה גושים:

- NORDEL: טרוונגיה, שוודיה, פינלנד, דנמרק.
- UCPT: הולנד, בלגיה, לוקסמבורג, צרפת, גרמניה, שווייץ, איטליה, אוסטריה.
- UFIPT: צרפת, ספרד, פורטוגל.
- SUPEL: איטליה, אוסטריה, יוגוסלביה, יוון.
- בריטניה.
- COMECON: בריה"מ, פולין, צ'כיה, גרמניה המזרחית, רומניה, בולגריה, הונגריה.

מוכן שלהתפתחויות הפוליטיות האחרונות במזרח אירופה עשויה להיות השפעה על מבנה זה.

במהלך קישור מערכות החשמל באירופה היו קשיים לא מעטים. תופעות רציניות של חוסר יציבות התגלו בחיבורים של כמה מערכות, בעיקר באותם מקרים שהחיבור היה במתח חיספן. לדוגמה, הקישור הראשון בין אנגליה ליבשת, או הקישור בין דנמרק לשוודיה ששם הדבר נבע בעיקר משימוש בציוד שונה (שנאים לעומת אינורטנסטרמר).

בעיות רציניות התגלו גם בנסיונות הקישור בין יוגוסלביה לאיטליה ולאוסטריה, שם התקבלו תנודות בלתי מרוסנות בתדירות נמוכה אשר לא איפשרו את ההתקשרות. רק לאחר שנבנה דגם ונעשתה הדמיה בעזרת מחשב, הגישו לפתרון שהצריך הוספת מעגל היזון חוזר למערכת הבקרה של עירור הגנרטורים.

טבלה 2 מציגה לדוגמה את נתוני מאזן חילופי האנרגיה (ביחידות של מיליוני קוט"ש) בין גרמניה לשכנותיה בשנים 1989 ו-1990.

בארצות-הברית המצב דומה לזה שבאירופה. למעשה, קיימים גושים

הכוללים כמה חברות חשמל, על בסיס אזורי, למשל גוש ה-FCG המאגד שש חברות חשמל ועוד עשרות גופים תעשייתיים ועירוניים הקשורים בייצור החשמל באזור מדינת פלורידה.

קשר חשמלי חזק קיים גם בין ארצות-הברית לקנדה, שכן בדרום קנדה קיים פוטנציאל רציני של אנרגיה הידרו-אלקטרית, אשר עודפים ממנה נמסים לארצות-הברית.

בדרום אמריקה קיימות התקשרויות בין ארגנטינה, ברזיל, אורוגוואי ופרגוואי. באזורים אלה מרכזי האוכלוסיה רחוקים מאוד זה מזה ויש מצבים, שבהם המרחק בין מרכזי אוכלוסיה במדינה אחת קרוב יותר למקורות הייצור של המדינה השכנה.

גורם נוסף הנלקח בשיקולי כדאיות ההתקשרות הוא מיקומם של מקורות אנרגיה הידרו-אלקטרית ענקיים ליד גבולות משותפים. עובדה זו מכתיבה את הצורך בשיתוף פעולה הן מההיבט הפוליטי והן מההיבט הכלכלי. דוגמאות אופייניות לכך הן:

תחנת הכוח ההידרו-אלקטרית "Itaipu" על נהר הפרנה, בהספק מותקן של 12,609 מגואט, המשותפת לברזיל ופרגוואי. בפרוייקט זה באה לידי ביטוי

טבלה 2

מאזן חילופי אנרגיה (במיליוני קוט"ש) בין גרמניה לשכנותיה

1990		1989		מאזן חילופי אנרגיה עם:
מגרמניה	לגרמניה	מגרמניה	לגרמניה	
2,398	3,972	2,199	4,233	אוסטריה
4,984	6,968	4,560	5,883	שווייץ
702	4,599	834	2,334	צרפת
12	15	17	11	בלגיה
3,812	770	3,721	764	לוקסמבורג
5,042	286	27	234	הולנד
93	4,692	90	2,006	דנמרק
5,857	—	5,528	—	איטליה
697	—	—	—	רומניה
—	235	—	307	צ'כוסלובקיה



טבלה 3

בחינת כדאיות ההתקשרות החשמלית בין ארגנטינה לברזיל בשנת 2000

תוספת עלות/רווח במיליוני \$	תוספת הספק מועבר (מגואט)	
	900-1,200	450-900
חיסכון בדלק	8.5	4.7
חיסכון בשיפור האמינות	35.3	206.4
סה"כ רווחים	43.8	211.1
עלות	8.5	32.5
יחס רווח לעלת	5.3	6.4

הבעיה של חיבור מערכות חשמל העברות בתדרים שונים, דהיינו 50 הרץ (מרגוואי), ו-60 הרץ (ברזיל). כדי לפתור את הבעיה במקרה זה הותקנו שתי קבוצות של גנרטורים העובדים בתדרים שונים.

מרוויקט "Salto Grande" באיזור "Cuenca del Plata" זהו מרוויקט משותף לארגנטינה ולאורוגוואי בהספק מותקן של 1,890 מגואט.

ארגנטינה ופרגוואי שותפות בשתי תחנות כוח הידרו-אלקטריות. האחת – "Corpus Posadas", בהספק מותקן של 6000 מגואט, והשנייה – "Yacyreta" – בהספק מותקן של כ-4000 מגואט.

לשם המחשה ניתן לראות בטבלה 3 את תוצאות החישובים הטכניים והכלכליים שהובילו לקבלת החלטה על קישור בין ארגנטינה לברזיל.

החישוב נעשה עבור שנת 2000 על בסיס אינקרמנטלי של תוספת מחיר לתוספת כמויות הספק מעברות.

סיכום

המידע והרעיונות שהועלו בכתבה זו מצביעים על כך שבשנים הבאות תתחוק המגמה של קישור מערכות חשמל גם באזורים מתפתחים. הקצב תלוי בעיקר בשיקולים פוליטיים, שכן הכלכליות שבדבר אינה מוטלת בספק. כפועל נלווה יש לצפות למדיניות של בניית תחנות כוח גדולות יותר ומיקומן סמוך למקורות האנרגיה (מכרות פחם, בארות נפט). לגבי האיזור שבו אנו חיים, הרי שנוסף לקישור הקיים בין רשתות החשמל של ירדן-סוריה-לבנון, יורחב שיתוף הפעולה בין המדינות השונות. בשלב ראשון ייווצר ערוק של העברת אנרגיה חשמלית במתחים של 400 ו-500 ק"ו, שיתחיל בסכרי האסואן בדרום ויגיע עד סכר המרת בצפון. במקביל, מותנה במצב המיליטי, יקושרו מערכות החשמל של מדינת רבות, הן באיזור המפרץ הפרסי והן בצפון אפריקה. סביר להניח, שבשלב מאוחר יותר ייווצר חיבור חשמלי בין אירופה לאפריקה הן דרך המזרח התיכון ותורכיה והן דרך מצר גיברלטר.

הגנה בפני הישגים של מיתקני תאורת רחובות המורכבים מעמודי תאורה מתכתיים (המשך מעמוד 9)

כבדים. הדבר עלול לגרום להפעלתו ללא סיבה.

- בידוד לא תקין באחד מפנסי התאורה יגרום להפסקת תאורת הרחוב כולה, וישבש עד כדי סיכון את התנועה ברחוב החשוך.

סיכום

כמאמר נסקרו שיטות ההגנה בפני הישגים המותרות להגנה על מיתקני חשמל ואופן התאמתן לשימוש במיתקני תאורת רחובות.

שיטת ההגנה המומלצת במיתקני תאורה היא בידוד מגן, מכיוון שהיא מבטיחה בטיחות מירבית של הציבור הנמצא בקרבת עמודי התאורה. כמו כן, העלויות הכרוכות ביישום שיטה זו הן סבירות, ומכאן המסקנה כי לשיטה זו עדיפות טכנית וכלכלית על פני השיטות האחרות.

ברור שהדבר יקר מאוד ואינו משתלם מבחינה כלכלית.

מתח נמוך מאוד

יישום שיטה זו במיתקני תאורת רחובות איש כדאי כיוון שההספק הגדול שיידרש על ידי כל עמודי התאורה, יחייב זרמים גדולים ולכן יידרשו מוליכים בעלי שטח חתך גדול. הדבר יסרב את עבודת בניית המיתקן וייקר את המיתקן בגלל עלות המוליכים בעלי שטח חתך גדול.

מפסק מגן

שימוש במפסק מגן, הפועל בורם דלף לאדמה במיתקני תאורת רחובות, אינו רצוי בגלל שתי סיבות:

- המנגנון המכני העדין והרגיש אשר במפסק המגן עלול להיות מושפע מהרעידות וההזעזועים הנוצרים ברחוב ממעבר כלי רכב, במיוחד כלי רכב

להגיע לערך עקבת לולאת התקלה הנדרש בהתאם לתקנות החשמל.

זינה צפה

זינה צפה מחייבת שימוש במשגוח המיועד לפקח על רמת הבידוד במיתקן. המשגוח צריך להיות בפיקוח חשמלאי ויש לבדוק את אמינות פעולתו מומן לזמן בפרקי זמן סבירים.

שימוש בשיטה זו במיתקני תאורת רחובות אינו רצוי, כיוון שנדרשת השגחה שוטפת ותמידית של חשמלאי על תקינות פעולתו של המיתקן.

הפרד מגן

יישום שיטה זו מחייב שימוש בשנאי מבדל עבור כל מכשיר צריכה. לכן כאשר מדובר על מיתקני תאורת רחובות, נדרש למעשה שנאי מבדל עבור כל עמוד תאורה.



הערכת עומס החשמל של מכונות וציוד משרדי במבני משרדים

מהנדס אורי דומן



בשנים האחרונות אנו עדים לשינויים מהותיים באופי העבודה במשרדים לסוגיהם השונים. המאפיינים של השינויים האלה הם שימוש מוגבר במכונות משרדיות רבות ומגוונות (מחשבים אישיים, מדפסות, מכונות צילום, מכשירי פקסימיליה וכו').

ציוד מתוחכם וחיוני זה מנוצל, למעשה, על ידי כל בעלי התפקידים במשרדים בכל רמות הניהול והמקצועות.

החשמלאי המתכנן מיתקני חשמל במבנה משרדים צריך לקחת בחשבון את כל סוגי המכשירים שיוקנו בו, מבחינת העומסים החשמליים ומשטרי העבודה שלהם.

מטרת מאמר זה היא להעביר למתכנן מידע מקיף על העומסים הקטנים במבנה המשרדים המודרני מבחינת ההספק החשמלי שלהם, מקדמי ההעמסה של המכשירים לסוגיהם ומקדמי ההתלכדות של קבוצות מכשירים.

1,500 \$/קו"א, כנייל בנתונים אלו, לא נלקחו בחשבון עלויות השטחים במבנה וכך ההשלכות על דרישות בינוי מיוחדות הנובעות מהצורך לסלק מהמבנה חום וגזים, הכנסת דלק ו/או דרישות חוזק סטטיות חריגות בשלד, וזאת במקרה שנדרש מערך מצברים גדול.

משקלו של מערך מצברים, שהוא חלק בלתי נפרד ממערכת האל פסק, יכול לעיתים להיות בסדר גודל עד 10-15 טונות!

מהאמור לעיל מתבררת החשיבות של קביעה נכונה של העומס המעשי הכולל של המכונות והציוד המשרדי, מבחינת קביעת גודל החיבור הנדרש מחברת החשמל וקביעת גודל ציוד הניבוי.

לקביעה לפי נתונים המתקבלים ממתכנני מערכות מיוזג אוויר, מיתקני אינסטלציה, מעליות וכו', קיימת אי בהירות בקביעת נתוני הציוד המשרדי במעל.

מומנים רבים דורשים ממתכנני המיתקנים החשמליים, נוסף לחיבורים לרשת חברת החשמל, גם ניבויים של דיול גנרטורים ומערכות אל פסק (UPS).

דרישה זו נובעת, בעיקר, משיקולי אמינות האספקה, טיבה ושיקולים תיפעוליים אחרים. בדרך כלל, המומנים דורשים שחלק גדול מ"העומסים הקטנים" יחברו למערכות הניבוי. לפיכך, ניתן להסיק, שמעבר להיבטים המקובלים של גודל החיבור הנדרש מחברת החשמל, קביעת אופי החלוקה וכו', נדרשים המתכננים גם לקבוע את הספק מערכות הניבוי, מיקומן, אפשרויות הטיפול בהן וכן את גודל ההוצאה הכספית הכרוכה בכישתן, התקנתן, חיבורן ואחזקתן.

העלות הסגולית של כל קו"א של דיזלנג'נרטור מוכן לעבודה נעה בין 150 \$/קו"א ועד 500 \$/קו"א, בהתאם לגודל, איפיון החשמלי וכו'. עלות סגולית של כל קו"א במערכת אל פסק מוכנה לעבודה נעה בין 1,000 \$/קו"א ועד

מבוא

בהסתמך על מקורות מקצועיים שונים בעולם, התפלגות העומסים האופיינית במבני משרדים רב תכליתיים היא כדלקמן:

- מיוזג אוויר: 50%-55%
- תאורה: 15%-20%
- מכונות וציוד משרדי: 15%-20%
- מעליות, משאבות ואיורור: 10%-15%

הערכת העומס הסגולי למבני משרדים מה בין 100 ואט/מ"ר ועד 150 ואט/מ"ר, בהתאם ליעדם של המשרדים.

הנתונים לעיל מתייחסים למשרדים רב תכליתיים, שאין בהם מטבחי בישול, ובחדרי אוכל מסופק מזון מוכן המחומם במקום.

לקביעת מאפייני הצריכה והעומס של המכונות והציוד המשרדי יש חשיבות טכנולוגית רבה. בעוד שהעומסים האחרים, המתוארים לעיל, ניתנים

אי דומן - מהנדס יועץ

הגורמים המשפיעים על קביעת העומס של מכונות וציוד משרדי

קיימים מספר משתנים המשפיעים על הערכת העומס הנובע מהפעלת הציוד המשרדי - להלן "העומסים הקטנים". נקודת המוצא היא קבלת מידע על הספק



טבלה 1

עומסים מירביים מדודים של מכונות וציוד משרדי נמוצים
והיחס בין הערכים המדודים לערכים המוצהרים

הציוד	עומס שיאי מדוד [ואט]	יחס ב"פ לנתוני היצרן (Nameplate ratio)
מחשב אישי עם צג צבעוני	187	70
תחנת עבודה המחוברת למחשב מרכזי (mainframe) עם צג צבעוני	160	60
מדפסת לייזר	100	20
מדפסת סיכות (נתוני יצרן עד 120 ואט)	54	45
מדפסת סיכות (נתוני יצרן עד 200 ואט)	67	31
תווין A4-A0 אלקטרוסטטי, שחור לבן	300	60
תווין A4-A0 אלקטרוסטטי צבעוני	850	75
תווין עטים	200	43
מכשיר פקסימיליה	38	25
מדם	20	—
מקרן "מיקרופישי"	150	50
מקרן (overhead)	300	99
מקרן (slides)	350	100
מכונת צילום	1,250	30

שטח (ואט/מ"ר). בשיטה זו מבצעים הערכת עומס פרטנית עבור כל מכונה ומכונה בהתאם לרמת השימוש בה ומסכמים את כל ההספקים החלקיים. לדוגמה, לצורך הערכת העומס לעובד מניחים שמחשב אישי עומד לרשות כל אחד מעובדי משרד, החלק היחסי בשימוש לעובד במדפסת הוא 33% והחלק היחסי בשימוש במכונת צילום הוא 5% לעובד. במקרה זה הערכת העומס הסופית תשקף את המציאות באופן מדויק יותר.

סיווג מכונות וציוד משרדי לפי אופיין העומס שלהם

בהתייחס לאופיין העומס של מכונות וציוד משרדי ניתן לסווג אותם באופן הבא:

- מכונות בעלות אופיין עומס קבוע.
- מכונות בעלות אופיין עומס משתנה.

שקיימים גורמים נוספים אשר להם השלכה על הקביעה הזאת.

לדוגמה, בשטח מבני משרדים נלקחים בחשבון גם חודי ישיבות, חודי מנהלים וחודי המתנה, שהם כולם בעלי מאפייני צריכה ועומסים נמוכים. במידה שבמבנה מסוים קיימים שטחים רבים מעין אלה, ללא התייחסות מתאימה, הערכת העומס עלולה להיות הערכת יתר (overdesign).

כמו כן, ערכי העומס הסגולי ליחידת שטח (ואט/מ"ר) מושפעים מאופי איכלוס המבנה אם המבנה מאוכלס בצפיפות, ודי שהערכת העומס הסגולי תהיה גבוהה יותר לעומת מבנה המאוכלס פחות. ערכי איכלוס אופייניים נעים מ"ר 8 מ"ר לעובד עד ל"ר 12 מ"ר לעובד במבנה משרדים חדשים.

לצורך קביעת עומס סגולי מדויק יותר, רצוי לעיתים להתחשב בעומס סגולי של הספק השמלי לעובד (ואט/ש"ב) ולא רק בעומס הסגולי לפי יחידת

שיאי והספק ממוצע של המרכיבים השונים. יצרני הציוד אינם מספקים נתוני עומס וצריכה מדויקים. הנתונים הרשומים על גוף הציוד (Nameplate) הם נתוני שיא, ובדרך כלל, אינם מעשיים, מאחר שהם מייצגים מצבים הקורים בפרקי זמן קצרים ביותר ואינם מהווים גורם בחישוב העומס המעשי.

מזן יותר להשתמש בערכים מירביים מדודים שהם, בדרך כלל, נמוכים יותר מערכי ההספק המוצהרים על ידי היצרנים.

בטבלה 1 מוצגים נתונים על מכונות וציוד משרדי נמוצים, הכוללים נתוני עומס מירבי מדודים וכן היחס המחושב בין השמש המירבי המדוד לבין העומס הרשום המוצהר על ידי היצרנים. יחס זה מכונה Nameplate Ratio.

ניתן להשתמש ביחסים שבטבלה 1 כדי לחשב את הערכים המירביים המעשיים, על פי נתוני ההספק המוצהרים על ידי היצרן בשלט הנתונים של המכשיר.

גורם נוסף שיש לקחת אותו בחשבון בשעת התיכנון קשור ברמת ההעמסה המשתנה בהתאם למצב הפעולה של המכשיר. לדוגמה, במכונות צילום, צריכת האנרגיה היא משמעותית בזמן הצילום בהשוואה לזמן "המתנה". במכונות אלו, דרישות העומס המעשי קשורות למשך הזמן שבו המכונה נמצאת בשימוש. לעומת זה, במחשבים העומס המעשי יכול להיחשב לקבוע.

בחישוב כולל של העומסים יש להתחשב גם במקדם ההתלכדות של הציוד, היות שתמיד חלק מהציוד יהיה מחובר, חלק מנותק וגם החלק המחובר איש מופעל בו זמנית.

בקביעת העומס הכולל בבניין משרדים חדיש, יש להתחשב גם בהתפתחות העתידית של המיתקן, באופן שיענה על דרישותיו לאורך כל חיי המבנה.

הגדרת העומסים הסגוליים

רבים מתייחסים לדרישות העומסים במושגים של עומסים סגוליים כמו הספק ליחידת שטח של מבנה ייעודי (ואט/מ"ר). לערכים אלו יש להתייחס בהירות, היות



מכונות בעלות אופיין עומס קבוע

רוב המכונות האלקטרוניות מבצעות את משלחן כאשר נדרשת הזזה מיזערית של החלקים המיכניים. במכונות אלו, העומסים יכולים להיחשב לקבועים. גם עומסים שאינם לפרקי זמן קצרים ביותר היו חסרי משמעות. במחשבים אישיים (PC/VDT) קיימים שינויים בהעמסה בזמן הנישה לכונן התקליטונים או לכונן הקשיח.

מדידות הראו, שהשינויים הם לעיתים פחות מ-0.5 אמפר לכל פעולה. מאחר שהשינוי מתרחש במשך פרק זמן קצר מאוד, יכולים מחשבים אישיים להיחשב לציוד משרדי עם אופיין עומס קבוע.

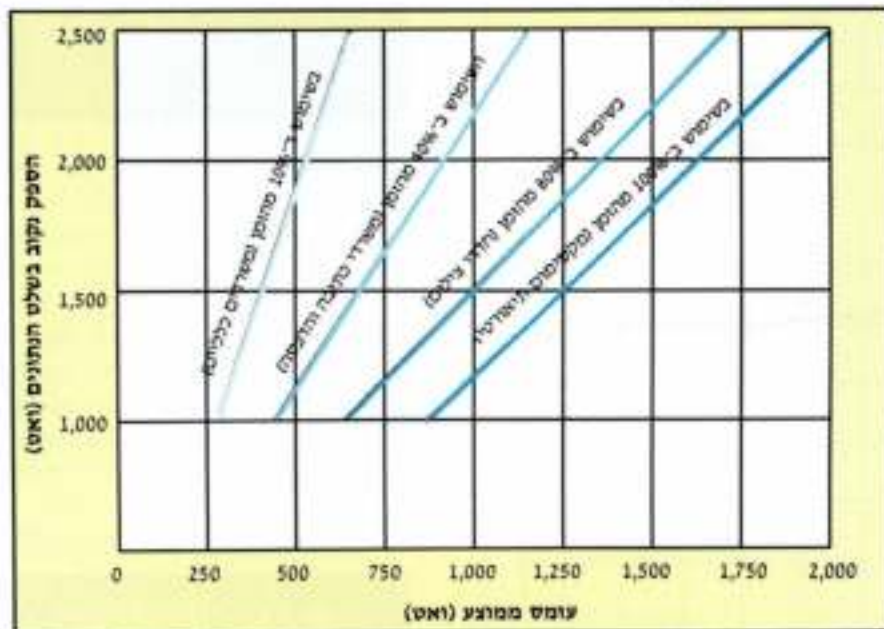
גישה דומה יכולה להיות בתחום מדפסות לייזר, במדפסות לייזר דרישות העומס גבוהות לאין שיעור בזמן ההדפסה לעומת זמן ההמתנה. אולם היות שפרקי הזמן שבהם המדפסת בפעולה קצרים יחסית לא תהיה להם השפעה על חישוב העומס הכולל הממוצע.

מכונות בעלות אופיין עומס משתנה

קביעת העומס הנובע, לדוגמה, ממכונות צילום ומכונות מכירה (משקאות, מזון) תלויה באיפיון פעילותן.

מדידות שנערכו הראו שניתן להגיע להערכה ממשית של נתוני ההעמסה בהנחה שייעודן ואופן פעילותן של המכונות יינתן בצורה מדויקת. במכונות צילום דרישות העומס בזמן ההמתנה הן כ-30% מנתוני ההספק הנקוב על ידי היצרן ו-80% מנתוני עומס היצרן בזמן צילום. נמצא, שזמן השימוש במכונות צילום במשרדים מסוימים לא עלה על 10% מזמן העבודה הכולל. לעומת זאת, מכונות צילום הצמודות למשרדי הדפסה היו בשימוש ב-40%-80% מזמן העבודה הכולל.

באיור 1 מתוארים ערכי העומס ביחס להספק הנקוב המוצהר על ידי היצרן ובהתחשב בזמן השימוש.



איור 1

עומס ממוצע במכונות צילום לפי רמת השימוש בהן

לדוגמה, מנהלים ישתמשו פחות ולעיתים רחוקות יותר במחשבים אישיים לעומת מעבדי תמלילים.

טבלה 2 מציגה נתונים (באחוזים) המתייחסים לשימוש במחשבים אישיים בהתאם לסיווג המשרד ופעילותו.

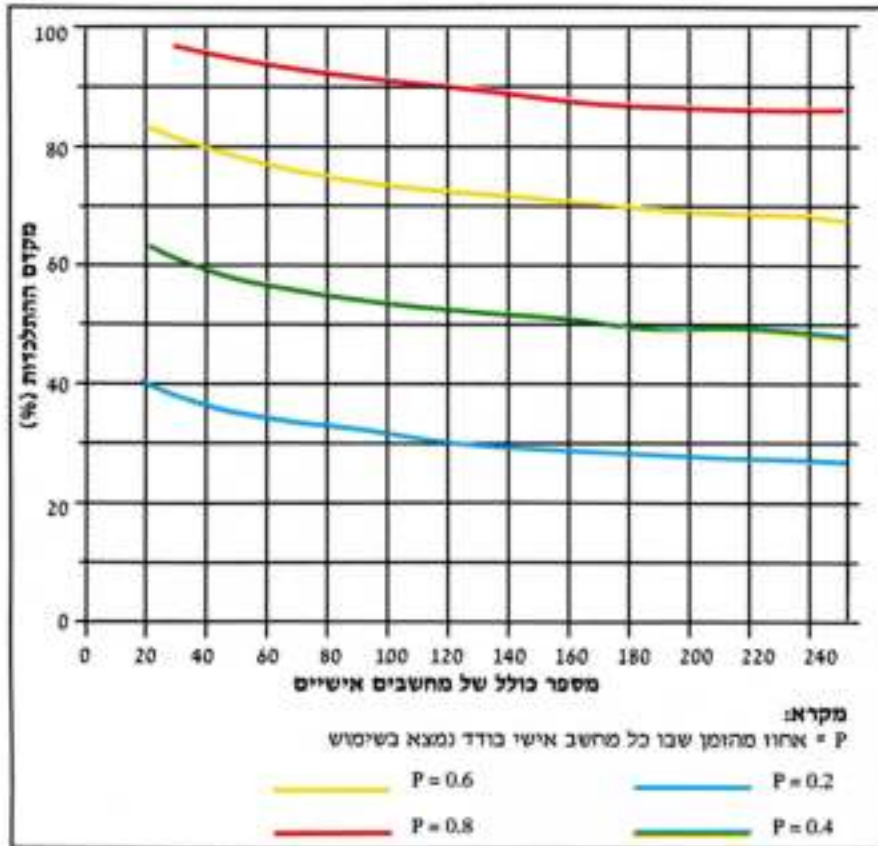
רמת השימוש במחשבים אישיים לפי סוג המשתמש

מספר המחשבים במשרד ורמת השימוש בהם מאופיינת בהתאם לאופי המשרד.

טבלה 2

התפלגות השימוש במחשבים לפי סוג הפעילות המשרדית

לא משתמשים	אחוז המשתמשים במחשבים			אופי הפעילות
	סה"כ	פעילות אקראית	פעילות קבועה	
10	90	45	45	משרדי הנהלה
0	100	0	100	מוכרות ומדפיסות
26	74	51	23	מהנדסי תיאום ומיקוח / כספיות
13	87	12	75	מהנדסי מכירות ושיווק
11	89	32	57	מהנדסי תיכנון - יועצים, אדריכלים, מנהלי פרויקטים
4	96	47	49	שרטטים, מפעילי תיבים
0	100	4	96	מחקר
17	83	38	45	פקידי הנהלת חשבונות
0	100	0	100	מנהלי חשבונות
0	100	0	100	מנחי מערכות
0	100	33	67	מתכנתים



איור 2
 מקדמי ההתלכדות של מחשבים אישיים

המשתמשים האקראיים במחשבים אישיים הוא כ-40%-50%.

בהנחה שיחס השימוש במחשבים האישיים הוא 0.6 ובהתייחס לאיור 2, הרי שמתוך 225 מחשבים אישיים מותקנים רק 153 יפעלו בו זמנית.

מספר שאר המכונות המשרדיות, המחושב לפי נתוני טבלה 3, הוא כדלקמן:

- תווניים אלקטרוסטטיים: 12
 $250:20 = 12$
- מדפסות ליזר: 83
 $250:3 = 83$
- מכונות צילום: 12
 $250:20 = 12$
- מכשירי פקסימיליה: 12
 $250:20 = 12$
- מדמסים: 12
 $250:20 = 12$

המבנה יתוכנן בשיטת "המשרד הפתוח" (Open space) והוא מיועד ל-250 עובדים (8 מ"ד/עובד).

המדע שנתקבל מהלקוח לגבי ההספק הנקוב של הציוד (Nameplate) הוא כדלקמן:

- מחשבים אישיים: 200 ואט.
- תווניים אלקטרוסטטים צבעוניים: 1,150 ואט.
- מדפסות ליזר: 150 ואט.
- מכונות צילום: 1,250 ואט.
- מכשירי פקסימיליה: 85 ואט.
- מספר המכונות המדויק: איננו ידוע.

מטבלה 2 ניתן להעריך ששיעור המשתמשים במחשבים אישיים בין העובדים השונים (מהנדסים, שרטטים, מזכירות וכו') הוא כ-90%, כלומר כ-225 עובדים. כמו כן, ניתן לקבוע ששיעור

מקדם ההתלכדות של מכונות וציוד משרדי

כפי שצוין לעיל, בכל קבוצה של מכונות משרדיות, חלק מהן יהיו מנותקות וחלק מחוברות. לפיכך, יש חשיבות לקבוע את מקדם ההתלכדות של הציוד, המשמש לצורך קביעת העומס הכולל של קבוצת צרכנים זו.

אם תהיה אפשרות לספק למתכנן נתונים על רמת השימוש במחשבים אישיים, הוא יוכל לקבוע את הערך המייצג שימוש בו זמני של כל המחשבים במשרד. ערך זה הוא מקדם ההתלכדות. באיור 2 מוצגים מקדמי ההתלכדות של מחשבים אישיים.

פילוג השימוש במכונות משרדיות

בהעדר מידע מדויק ומפורט מהמומין בקשר לכמות הציוד המשרדי המתוכנן במבנה, ניתן למצוא ערכים קרובים מייצגים המבוססים על מספר המכונות לפי מספר העובדים. בהתייחס למספר העובדים ניתן להעריך את מספר המכונות. טבלה 3 מציגה פירוט המתייחס למספר המשתמשים המירבי לכל מכונה לסוגה.

טבלה 3

מספר המשתמשים לפי סוג המכונה

סוג המכונה	מספר עובדים למכונה
מחשב אישי	1
מדפסת	3
מכונת צילום	20
מכשיר פקסימיליה	20
מדס	20
תווין	20

דוגמה לחישוב העומס הנובע מהפעלת מכונות וציוד משרדי

מתוכנן מבנה משרדים בשטח של 2,000 מ"ר, שיעודו משרדי תיכנון הנדסיים.



טבלה 3

סיכום עומסים מעשיים סופיים

הציוד	מספר המכונות	הספק נקוב (ואט)	יחס עומס מדוד להספק	עומס כולל (מחושב ואט)
מחשב אישי עם צג צבעוני	153	200	70%	21,420
מדפסת לייזר	83	150	20%	2,490
תווין אלקטרוסטטו צבעוני	12	1,150	75%	10,350
מכשיר פקסימיליה	12	85	25%	255
מודם	12	20	100%	240
מכונת צילום	12	1,250	30%	4,500
סה"כ עומסים				39,255

סיכום העומסים המעשיים הסופיים מוצג בטבלה 4.

לערך המעשי הכולל יש להוסיף תוספת בת 5% בגין מכונות שלא נצפו מראש (מכונות שתייה חמה וכו'), לפיכך העומס המעשי הכולל הוא (מעוגל): 41,200 ואט.

העומס הסגולי לעובד הוא 165 ואט לעובד. ערך זה הוא היחס שבין העומס המעשי הכולל למספר העובדים.

העומס הסגולי לשטח שימושי הוא 20 ואט/מ"ר. ערך זה הוא היחס בין העומס המעשי הכולל לשטח הכולל של המבנה.

סיכום והתפתחות עתידית

באמצעות המידע שהוצג לעיל ניתן להגיע להערכת עומסים מעשיים של ציוד משרדי כבר בשלבים הראשוניים של התיכנון ועל ידי כך לאופטימיזציה של המיתקנים.

הערכת יתר, עלולה לייקר את מערכות הניבוי נוסף למיתקני החלוקה.

ההתפתחות העתידית החוויה בתחום זה של צרכנות היא:

- היחס בין מספר העובדים למחשבים האישיים לא ישתנה ויישאר מחשב אחד לעובד.

- יכולת עיבוד הנתונים של המחשבים האישיים תגדל בצורה משמעותית, אך לא תלווה, קרוב לוודאי, בהגדלת

יעלה מ-20 עובדים למכשיר פקסימיליה עד ל-5 עובדים למכשיר פקסימיליה.

- מספר המדפסות יגדל במקום 3 עובדים למדפסת היחס יהיה מדפסת אחת לעובד.

- מספר מכונות הצילום יקטן בהתאם ליחס של 50 עובדים למכונת צילום, במקום 20 עובדים למכונת צילום.

- הספק מדפסת הלייזר יפחת משמעותית כתוצאה מפיתוח ציוד חדש.

ההספק החשמלי של המחשב למרות זאת צפויה הגדלה של כ-50 ואט בהספק הכולל, כתוצאה משילוב צנים גדולים ומשוכללים יותר (רזולוציה טובה יותר).

- אץ השימוש במחשבים יגדל עד ל-80%-90% מומץ העבודה הכולל.

- מספר מכשירי הפקסימיליה והמודמים שבמשרדים יגדל כתוצאה מהצורך להעביר מידע רב יותר. ההערכה היא, שמספר מכשירי הפקסימיליה לעובד

אינג' שמעון מרדיקס ז"ל



מערכת "התקע המצדיע" איבדה בעת האחרונה את אחד מבכיריה, המתנדס שטען מרדיקס ז"ל, שנפטר בטרם עת (בגיל 63) לאחר מחלה קשה.

שמעון מרדיקס ז"ל התקבל לעבודה בחברת החשמל ב-1953 כמתנדס צעיר, מיד לאחר שסיים את לימודיו בטכניון בפקולטה לאלקטרוטכניקה במגמה לודם חוק.

שנים רבות עבד כמתכנן בכיר בחלקת הרשת של מחוז הצפון, ומבין עבודותיו הרבות ראוי להזכיר במיוחד את תיכנון אספקת החשמל בקיבוץ מתח גבוה וברשתות מתח נמוך ליישובי אצבע הגליל, ובכלל זה העיר קרית שמונה.

בי-5 השנים האחרונות היה מנהל מחלקת צרכנים טכנית במחוז הצפון. במסגרת תפקיד זה החשיב מאוד את הקשר עם אנשי החשמל תן במפעלי התעשייה והמוסדות והן עם יועצי החשמל וקבלני החשמל, הוא נודע בגיועם הליכותיו וביחסו האישי לכל אנשי המקצוע, החל במתנדס הבכיר ועד לחשמלאי מעשי מהשורה.

כחבר מערכת "התקע המצדיע" השתתף בעשרות ימי עיון ומפגשים באזורים ובכנסים ארציים, הייתה לו השפעה רבה על עיצוב פעולות ההדרכה והתמכרה של חברת החשמל המיועדות לציבור העוסקים בתחום החשמל.

הוא נודע במכלגותו וביכולתו המופלאה לאוהן ולהקשיב לחשמלאים, להבין את בעיותיהם מול חברת החשמל, ופעל ככל יכולתו כדי להרוק את שיתוף הפעולה איתם ולהקל עליהם בעבודתם היומיומית.

עם לאחר שפרש לגיטלאות מחברת החשמל בגלל מחלתו, המשיך להתעניין בבעשה בחברת החשמל ובכלל זה בפעילות "התקע המצדיע".

נתחמים לרעייתו זיוה, שליוחת אותו במסירות ובנאמנות לאורך כל הדרך עד יומו האחרון.

יהי זכרו ברוך!

קו אשראי לקו חשמל

לנוחותך, ניתן לשלם עבור הזמנת חיבור
החשמל בכרטיס אשראי,
וגם להינות מאפשרות לתשלומים.

אנו שמחים "להאיר" את תשומת לבך לשירות חדש:
אפשר לשלם עבור הזמנת חיבור החשמל לביתך או לדירתך החדשה,
למבני מלאכה ותעשייה או עבור הזמנה של הגדלת החיבור הקיים - באמצעות
כרטיסי האשראי ויזה, ישראלכרט או דיינרס-קלאב*.

לבחירתך שני מסלולי תשלום:

מסלול אשראי רגיל או מסלול של עד 18 תשלומים**
(באמצעות "ויזה קרדיט", "ישראלקרדיט" או "דיינרס קרדיט").

* התשלום יתאפשר לגבי הזמנה שסכומה לא יעלה על 100 אלף ש"ח.
** על התשלומים תחול ריבית כפי שתיקבע מעת לעת ע"י חברות האשראי.



חברת החשמל



011-5211111

מוגש על ידי המחלקה לקשרי ציבור