

מערכת אל-פסק (UPS) - עקרונות ובטיחות



מערכת אל-פסק

המאמר מתייחס לעקרונות פעולה של מערכות אל-פסק, סיכונים ובטיחות בתחזוקת המערכת ואביזריה

מאת ד"ר אלכס טורצקי

מהי מערכת אל-פסק

מערכת אל-פסק (UPS - Uninterruptible Power Supply) היא מערכת הספקת מתח בלתי מופרע. היא מגינה על המיתקן ועל הציוד מפני הפרעות מתח ומפני הפסקות חשמל. המערכת מספקת מתח ארעי להמשך העבודה ו/או סגירה מסודרת (Shutdown) של מיתקן או ציוד בעת הפסקת חשמל. ללא מערכת אל-פסק עלולים להיפגע מחשבים, ציוד בקרה או ציוד חיוני אחר. כמו כן, המערכת מעניקה הגנה מפני הפרעות, נפילות מתח ותנודות מתח ברשת החשמל. תרשים עקרוני של מערכת אל-פסק מובא באיור 1. קיימות מערכות אל-פסק ניידות, נייחות וקבועות למתח נמוך וגבוה בהספקים שונים. הכול לפי הצורך וגודל הציוד. למערכות גדולות נדרש מערך מצברים בהספק גבוה, ובממדים גדולים. המצברים עשויים למלא חדר שלם. למחשב נייד מספיק UPS עם סוללה קומפקטית.

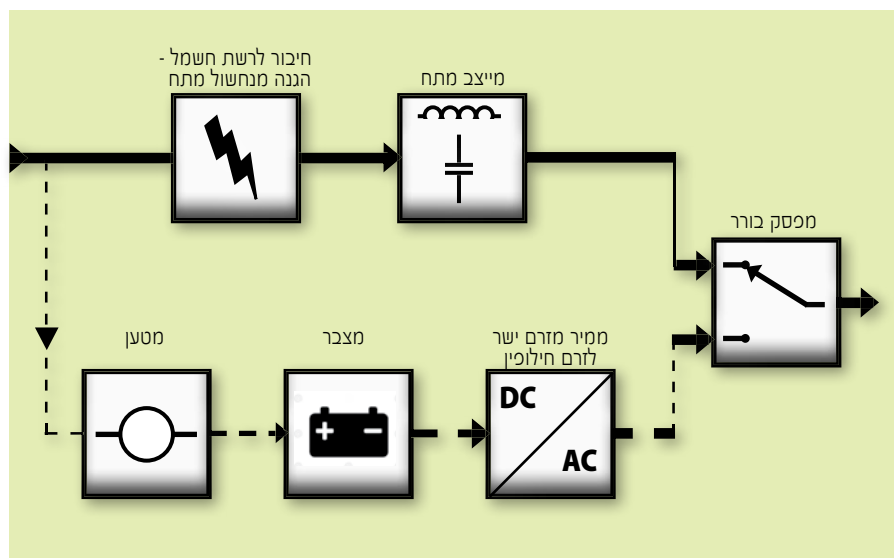
לצורך מה נועדה המערכת

מערכת האל-פסק מיועדת להגנת מחשבים וציוד מפני נזקי קריסת חשמל (מצב של

הכותב הוא מדריך חשמל ארצי בתחום הנדסת בטיחות של המוסד לבטיחות ולגיהות

להבטיח את רציפות המתח והזרם לצרכן, ממקור זרם. מערכות האל-פסק עשויות לשמש גם לצורך שיפור איכותו (יציבות) של מקור הזרם. ישנם מקרים שבהם יש חשיבות להורדת "רעשים" (תנודות מתח) - כאשר ללא מערכת אל-פסק עלולים להיפגע מחשבים, ציוד בקרה ולעיתים - אף ציוד חיוני אחר. החוסר במסננים, הגנות וגיבוי שמעניקה המערכת עלול לגרום לנזק בלתי הפיך למערכות רגישות כנ"ל.

הפסקת חשמל מקרית, קצרה או ארוכה) ומפני הפרעות בהספקת מתח רשת החשמל כדוגמת עליות ונפילות מתח. תכנון מערכות אל-פסק חשוב ביותר למערכות חיוניות ולמיחשוב במיוחד. לדוגמה: באתרי חוות שרתים, תחנות כוח, תחנות מיתוג ובקרה, ולמיתקנים חיוניים אחרים, ועוד. כיום החלו לשלב מערכות UPS לצורך הזנה מרכזית של מערכי תאורת חירום. התפקיד העיקרי של מערכת האל-פסק הוא



איור 1: סכמה עקרונית של מערכת אל-פסק

מה גורם להפרעות ולהפסקות בהספקת החשמל

בישראל מתקבלת הספקת החשמל לצרכנים במיגון מתחים: מתח נמוך מאוד, מתח נמוך, ומתח גבוה. כולנו מחוברים לרשתות החשמל ובהכרח מושפעים מכל עלייה או ירידה במתח שעל הקו המגיע אלינו. אל הרשת המביאה אלינו את החשמל מחוברים צרכנים רבים נוספים, חלקם גדולים וחלקם קטנים. כאשר קיימת דרישה גבוהה לזרם חשמלי ע"י צרכן גדול, או סתם בשל עליית ביקוש של צרכנים קטנים מרובים - בעקבות יום חם או קר במיוחד - נאלצת חברת החשמל לחבר ולנתק תחנות השנאה בהתאמה לדרישה, ולעיתים גם להפעיל טורבינות נוספות כמענה לביקוש. סך כל פעולות המיתוג הללו הוא בדיוק התהליך שגורם לעליות או לפילות של המתח וכמובן לרעשים (תנודות מתח) על הקווים.

השפעת הסטיות על מכשירי החשמל והאלקטרוניקה

כל "נחשול" (קפיצה) של מתח יכול לגרום במחשב לנזק בלתי הפיך לכל רכיב חומרה הכלול בו כגון: ספק, לוח אם, צג (מסך המחשב), כונן קשיח ועוד, וגם לתוכנה. מדחסים במקררים ומזגנים ללא הגנה הסובלים מהפרעות כאלה, יכולים פשוט "להישרף". מוצרי אלקטרוניקה רגישים במיוחד לשינויים בהספקת החשמל ולרוב אינם ערוכים להתגבר על כך. לרוב המכשירים אין מסננים נגד נחשולים או מייצבי מתח למניעת כניסת השינויים לתוכם. ירידת מתח גורמת למכשירים אלקטרוניים להעלות את זרם הפעולה שלהם וכך - לצריכת יתר של חשמל ולהעמסה על המערכות עד לקריסתן.

כיצד ניתן להימנע מהתקלות

ראשית, לו היה ניתן לנתק את כל הצרכנים מהחשמל, ברגע הנכון, הנדרש, אפשר היה להישאר רגועים. אך, מאחר ואיננו "יושבים" ליד מפסק החשמל ואיננו יכולים לנבא את הרעש או את עליית/נפילת המתח הבאה בזמן הנכון, עלינו לחבר ציוד מתאים שנבנה בדיוק למטרה זו: לשמש כמגן למיכשור הפועל, בזמן אמת. ואכן, האל-פסק עם מייצב המתח עושים עבורנו את העבודה ומגינים על הציוד בדיוק ברגע הנדרש, ע"י כניסתם לפעולה - שמחליפה את הספקת החשמל הרגילה (מהרשת), ובזמן קצר ביותר.

מבנה מערכת אל-פסק

מכשיר אל-פסק כולל: מטען חשמלי שפועל כממיר/מיישר זרם חילופין לזרם ישר, לצורך טעינת מצברים (לזמן ארוך) או סוללות (לזמן קצר). בהמשך מחוברת סוללה נטענת

או מצבר שמזינים ממיר נוסף, המכיל מעגל להמרת הזרם הישר לזרם חילופין (ראו איור 1). בנוסף קיימת אפשרות לייעול מערכת האל-פסק על ידי הוספת מעגל העוקף את המצבר במצב שבו אין הפרעות מתח ברשת (ראו איור 4). שיטה זו מורידה איבודי אנרגיה במערכת האל-פסק.

עקרון הפעולה הוא כדלקמן: המטען החשמלי של מכשיר אל-פסק ניזון בזרם חילופי מרשת החשמל לצורך טעינת המצבר או הסוללה, ואלה מספקים זרם ישר לממיר אשר מחולל זרם חילופין במתח קבוע ויציב, וממנו ניזון המכשיר החשמלי. משך זמן הגיבוי ע"י אל-פסק במקרה של הפסקת חשמל תלוי בקיבול המצבר או הסוללה ובמידת הצריכה של הציוד החשמלי הניזון מהם. יכולת ההזנה של האל-פסק נמדד בקילו-וולט-אמפר = קו"א (KVA).

הגדרות

- **אל-פסק** - מערכת המספקת מתח ללא הפרעה UPS = Uninterruptible Power Supply. המערכת עובדת עם מתח הרשת ונכנסת לפעולה רק במקרים של נפילת מתח.
- **מיישר זרם** - מעגל חשמלי או רכיב

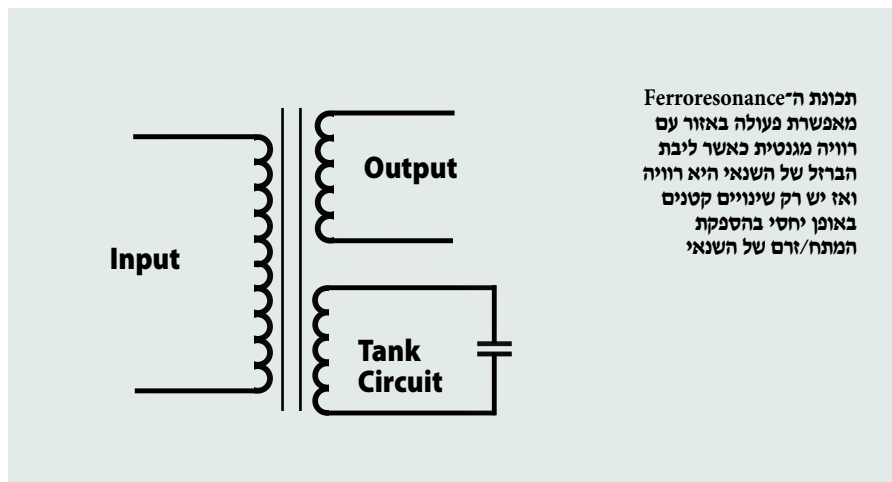
אלקטרוני שתפקידו להפוך זרם חילופין לזרם ישר.

● **ממיר (מהפך - inverter)** - מעגל חשמלי מהפך, הממיר זרם ישר לזרם חילופין או להפך.

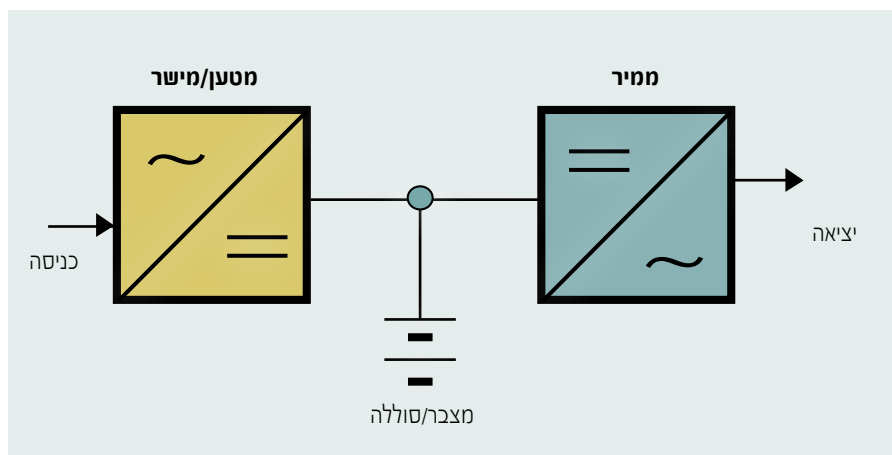
● **מייצב מתח** - הגנה בפני קפיצות ושינויים במתח החשמלי. תפקידו לייצב את מתח החשמל על מנת לא לפגוע במכשירים חשמליים בעת שינויים במתח. מערכת זו נותנת מענה בשיטת Line Interactive. המערכות עובדות בצורה מקוונת ופועלות עם המרה כפולה, עם שנאי בעל ייצוב מתח אוטומטי על ידי AVR (Automatic Voltage Regulator) שנאי מסוג CVT - Ferroresonant (Constant Voltage Transformer)

שיטות עיקריות של מערכות אל-פסק

- קיימים 3 סוגים עיקריים של מערכות אל-פסק:
- **מערכת אל-פסק מסוג און-ליין (On-Line)** - מכשיר זה מפיך גל מוצא שהוא סינוס טהור. הוא נקרא גם "מכשיר המרה כפולה". במכשיר זה ישנם 2 ממירים: הראשון ממיר את



איור 2: סכמה של שנאי מסוג Ferroresonant



איור 3: סכמה של מערכת אל-פסק מסוג On-Line

(עפ"י קיבול הסוללה), בד"כ בין 5 ל-30 דקות.

השנאי פועל כמיתקן שמייצב גל מתח באופן אוטומטי: "מערכת ייצוב מתח אוטומטי" (AVR - CVT). שנאי כזה נקרא שנאי מסוג קלט/פלט - Ferroresonant, (ראו איור 2). שנאי זה מגבה מתח גם בזמן פעילות המפסק והמערכת לא מרגישה את ההפסקות בהספק המתח.¹

מייצב המתח הכלול במכשירי אל-פסק מספק הגנה בפני קפיצות/שינויים במתח החשמלי. מערכת זו נותנת מענה בפני קפיצות ונפילות מתח העלולות לגרום לפגיעה חמורה במכשירים וציוד חשמלי, לדוגמה: מכשירים ביתיים: טלוויזיה, וידאו, DVD, מערכות קולנוע ביתי, מערכות שמע, מחשבים ועוד. למייצב המתח יכולת התמודדות עם קפיצות ונפילות מתח בתחום של $230 \pm 20\%$ וולט. למייצב המתח יש נצילות של כ-95%, יכולת הגנה בפני קצר ו/או עומס יתר במעגל החשמלי שהוא נמצא בו, והוא מצויד בנוריות לחיווי על הפרעות במתח החשמלי.

ולדוגמה: אם מדובר במערכות כמו שרתים או ציוד אלקטרוני רגיש אחר, שיש להגן עליו 24 שעות ביממה מומלץ להתקין מערכת מסוג "און-ליין". במידה ולמכשיר מחובר מחשב ביתי או תחנת עבודה אחת ולא יותר, אזי ניתן להסתפק גם במכשיר מסוג "אינטראקטיבי". בכל מקרה, יש לוודא שנבחר מכשיר שיתאים להספק ולזמן הגיבוי הנדרש.

זמן הגיבוי שמעניקה מערכת אל-פסק

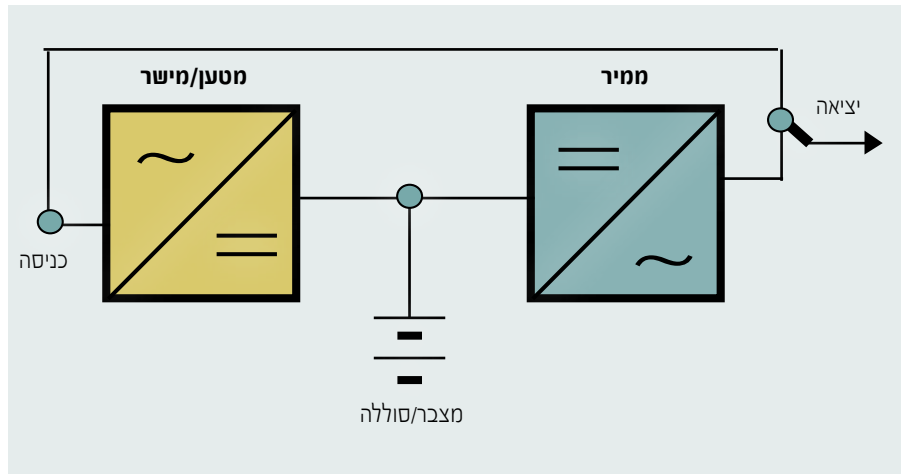
מערכת אל-פסק ממוצעת מאפשרת המשך פעילות ללא הספקת חשמל מהרשת, לזמני פעולה ארוכים בהרבה יותר (בממוצע), מזמני הפסקות החשמל ברשת. זמן הפעולה תלוי במצבר/מצברים הפנימיים שלה. אלה נבחרים על פי התאמה לחישוב העומס הנדרש ע"י הצרכנים וסוג המכשירים הקשורים אל המערכת. אם יש צורך בזמן גיבוי ארוך יותר - אפשר להתקין מכשיר אל-פסק גדול יותר, שישפך זמן גיבוי ארוך יותר או להוסיף סוללות חיצוניות (לא לכל מכשיר ניתן להוסיף מצברים חיצוניים ויש להתייעץ עם נציג החברה).

תחיקה ותקינה

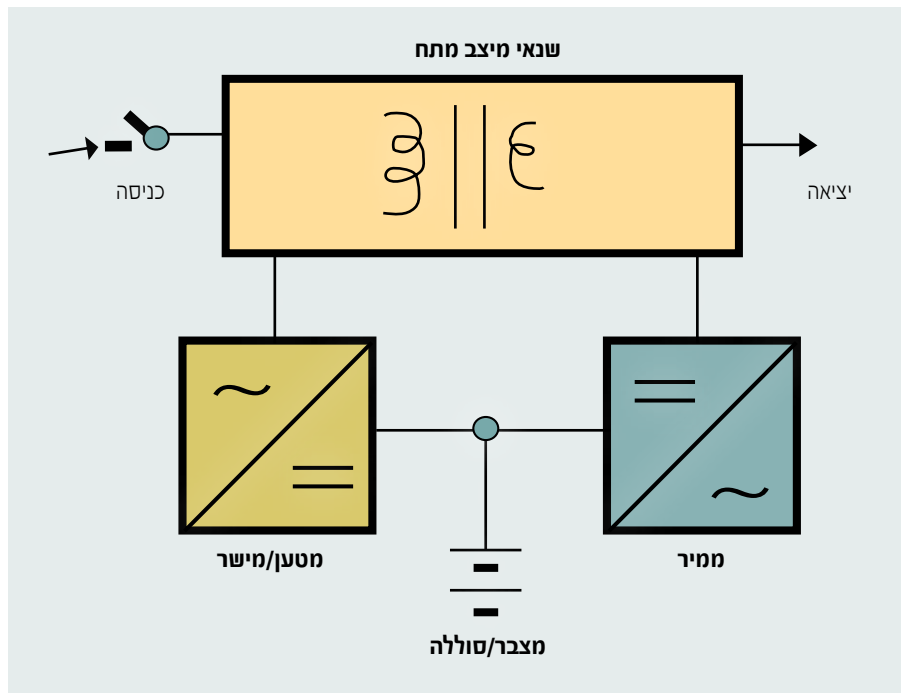
בנושאי מערכות אל-פסק קיימים: תקנות החשמל (התקנת מערכות אל-פסק סטטיות במתח נמוך), התשנ"ג-1993 תקן ישראלי: ת"י 62040 אשר כלולים בו:

- חלק 1.1 - "מערכות אל-פסק (UPS): דרישות כלליות ודרישות בטיחות למערכות אל-פסק הנמצאות בשימוש

1. השנאי הזה הוא פרי המצאה מ-1938 של מדען אמריקאי בשם ג'וזף סולוי



איור 4: סכמה של מערכת אל-פסק מסוג Off-Line



איור 5: סכמה של מערכת אל-פסק מסוג Interactive

ההספקה למצבר/ממיר. המפסק הבורר את מקור ההספקה נמצא במצב המתנה - Standby, והוא פועל במהירות רבה (מספר מילישניות בלבד). כך לא נגרמת הפרעה לצרכנים. השיטה גם מעלה את נצילות האל-פסק לרמות גבוהות.

- **אינטראקטיבי (Interactive)** - גם כאן, גל המוצא המופק הוא תואם סינוס. מכשיר זה פועל על פי השיטה בה המתח מהרשת עובר באופן קבוע לצרכן דרך המכשיר (שנאי). במהלך זה מתבצע גם סינון (ביטול רעשים = ביטול תדרי מתח לא רצויים) וייצוב המתח. כאשר יש הפסקת חשמל מתבצע מיתוג על ידי מפסק המותקן לפני השנאי, כשאורך הפסקת ההספקה עשוי להיות כ-2-8 מילישניות והממיר שבמכשיר הופך את המתח שבסוללה למתח חילופין ומגבה את הצרכן למשך אורך הזמן שנקבע מראש

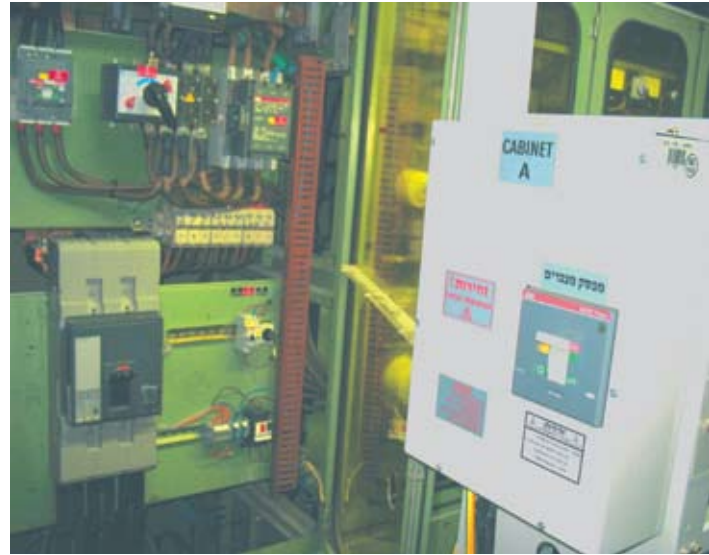
מתח הרשת למתח ישר - לטעינת המצבר, והממיר השני ממיר את המתח הישר למתח חילופין לצורך הזנת הצרכן. הצרכן מחובר, למעשה, באופן קבוע למתח ישר דרך ממיר (ראו איור 3) אשר ממיר את המתח, כל הזמן, למתח חילופין. ולכן, בזמן הפסקת חשמל לא מתבצע כלל מיתוג המעביר את מקור ההספקה למצבר. פעולה זו משפרת באופן ניכר את ההגנה על הצרכן מהפרעות ברשת ו/או ירידות ועליות מתח.

- **מערכת אל-פסק מסוג און-ליין (Off-Line)** - במקרה של הפסקת זרם סדירה וקבועה דרך מערך הזנה כנ"ל (On-Line) אנו מפסידים אנרגיה.

כדי למנוע את ההפסדים האלה מפעילים מערכת אל-פסק ב-Off-Line (ראו איור 4), שבה ההספקה הרגילה נעשית דרך מעקף למצבר/ממיר ורק במקרה של הפרעה בהספקה הרגילה יש מיתוג המעביר את



מיתקן מצברים חיצוני של מערכת אל-פסק תעשייתית גדולה (מימין)



מערכת ארונות חשמל לבקרה ולהפעלה של מערכת אל פסק תעשייתית

האספקה.
 ב. במקרה שמערכת האל-פסק מוזנת ממצברים הממוקמים מחוץ למעטפת שלה, יותקן בקרבתה, במקום נוח לגישה, אמצעי להפסקת הזרם הישר.
 ג. יש להבטיח גישה נוחה לכל חלק של המערכת לצורך תפעול ותחזוקה.
 ד. מערכת האל-פסק תצויד, במקום בולט לעין, בשלט: "זהירות - מערכת אל-פסק; קיים מתח גם לאחר הפסקת הזינה!"
 ה. ליד בתי-תקע ומפסקים המוזנים ממערכת אל-פסק ייקבע שלט: "מוזן ממערכת אל-פסק"

תחזוקת מערכת אל-פסק

לפי הדרישות בתקנות: "מערכת אל-פסק תתוחזק במצב תקין ויעיל; ליקויים במערכת יתוקנו ללא דיחוי".
 מערכת האל-פסק תצויד ב"מעקף תפעולי" וב"מעקף לתחזוקה". מעקף תפעולי הוא התקן המאפשר העברה אוטומטית של הזרם מרשת החשמל למערכת הנ"ל. מעקף לתחזוקה הוא התקן של מפסקים אלקטרו-מכניים המאפשר הספקת זרם ישירות מרשת החשמל לצרכן, כדי לאפשר תחזוקה במערכת הנ"ל (לדוגמה: החלפת כרטיסים אלקטרוניים ומצברים, כיוונונים וכד').

ציוד מגן אישי

לצורך הטיפול במערכות ה-UPS צריך העובד להגן על עצמו במשקפי מגן. אם המצברים אינם מהסוג הסגור (אינם אטומים) - גם בכפפות וסינר עמידים בפני חומצות.

אם מבצעים עבודות תחת מתח יש לנקוט באמצעי ההגנה הנדרשים בתקנות החשמל (עבודה במיתקן חי או בקרבתו) - אישורים, צוותים, ציוד עבודה מתאים וציוד מגן אישי כמפורט שם. ■

אל-פסק המחבורות זו לזו, וזאת בהתאם להתקנתן של מערכות האל-פסק, לתפעולן ולתחזוקתן באופן שנקבע מראש על ידי היצרן.

התקן קובע דרישות להבטחת בטיחותו של מפעיל המערכת ושל אנשים לא מקצועיים אשר עשויים לבוא במגע עם הציוד, וכן מצוינת בו במפורש התייחסות לבטיחות של איש השירות ועוד:

- מערכת אל-פסק תכלול אמצעי לניתוק ידני של מתח המוצא במקרה חירום.
- הזנות כניסה/יציאה של ה-UPS לרשת ולציוד תהיינה דרך בתי תקע/תקע שיתאימו לתקנים ישראלים ת"י 32 או ת"י 1109.
- סיכונים ודרישות הבטיחות: קיימת התייחסות לרעש עד 60 דציבל, חום, חומרים מסוכנים של מצברים וסוללות, התחשמלות, נפיצות, השפעות על הבריאות כאשר מיתקן אל-פסק ממוקם במרחק עד 1.5 מטר מהעובד.
- שימוש במפסק מגן להזנה דרך ה-UPS: במקרים שבהם הנושא הבטיחותי מחייב תשומת לב, מצינים את החשמל ממערכת האל-פסק דרך מפסק מגן (מימסר זרם פחת) שמתקינים ביציאה מהמערכת.
- מפסק חירום ואל-פסק: אין לשלב מפסק חירום עם מערכת אל-פסק.

תחזוקת בטוחה של מתקני אל-פסק (UPS)

אמצעי בטיחות (עפ"י התקנות):

- א. כאשר נוצר קצר לגוף המתכתי של מערכת האל-פסק:
 - שמוזנת באמצעות מעקף (bypass) - ינותק המעגל המזין את המערכת תוך 5 שניות;
 - שמוזנת על ידי ממיר שקיים במערכת - אם מופיע על מעטפת המכשיר מתח מגע העולה על 50 וולט, תנותק האספקה.
- הניתוק מתבצע ע"י מיתוג מתאים במערכת

באזורים נגישים למפעיל".
 ■ חלק 2 - "מערכות אל-פסק (UPS): דרישות תאימות אלקטרומגנטית (EMC)".

תקן זה נועד להבטיח את בטיחותן של מערכות אל-פסק מותקנות, הן כאלה המתפקדות כחידה עצמאית בודדת והן כאלה המהוות חלק ממערכת של יחידות

נתוני הזנת חשמל של מיתקני מערכות אל-פסק

מתח כניסה בהזנה חד פאזית -
 230 וולט בתדר 50 הרץ;

מתח כניסה בהזנה תלת פאזית -
 400 וולט בתדר 50 הרץ;

מתח יציאה - 230 וולט או 400 וולט, בתדר 50 הרץ.
 יש ליכור שגם UPS מנותק מהווה סיכון כי הוא עשוי להיות תחת מתח עד 230 וולט.

תקעים ובתי תקעים (שקעים) של הזנה מ/אל ה-UPS - יתאימו לתקן ישראלי: ת"י 1109, לזרמים שמעל ל-A32, חד ותלת פאזיים. כך גם באזורים עם מתח חי שיש בהם סכנה למגע בשגגה.
 להזנת מערכות UPS, לזרמים עד A32, באזורים שאין בהם סכנת מגע בשגגה ניתן להשתמש גם בבתי תקע לפי תקן ישראלי: ת"י 32 (רגילים)

תנאי סביבה רצויים - יש לדאוג לאווירור ולקירור הסביבה לטמפרטורה המומלצת: 15°C-28°C.