

שקיעות מתח

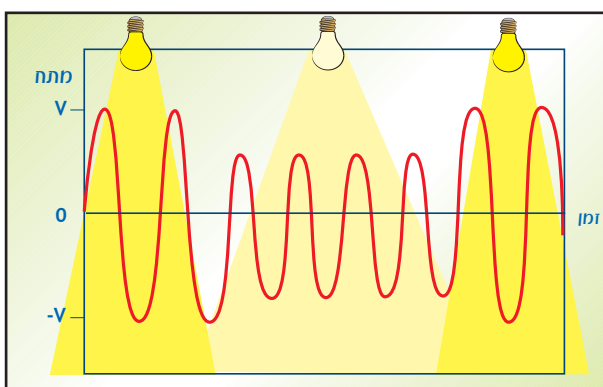
מקורות, מאפיינים, השלכות ופתרונות אופטימליים לבעיה

שקיעות מתח (Voltage-Dips/Sags) מהוות אחת מהבעיות החמורות במערכת אספקת החשמל מההיבט של איכות החשמל, שבהן נתקלים הן צרכני החשמל והן יצרני החשמל. לדוגמה, בתעשיות הייצור האוטומטיות שבהן משולבים התקני בקרה באופן שגרתי, שקיעות מתח יכולות לשבש ואף לשתק את תהליכי הייצור עקב הרגישות של התקנים אלה לשקיעות מתח.

שקיעות מתח מוגדרות כירידה פתאומית של מתח האספקה לערך שבין 90% ל-1% מהמתח הנומינלי, שבעקבותיה שב המתח לערכו הקודם לאחר פרק זמן קצר (כרגיל בין 0.5 ל-50 מחזורים-בין 10 מילישניות לשניה אחת).

במערכת החשמל שלהן, אין כל אפשרות להתגבר עליהן לחלוטין. בדרך כלל, תקלות כאלה הן זמניות/חולפות, דהיינו, לאחר סילוק גורם התקלה והפעלת הקו מחדש, הן לא מתחדשות.

קשה לאפיין את השקיעות האלה במונחים של גודל ומשך השקיעות, הואיל ואופייניהן משתנים במהלך הימשכותה של התקלה (כמתואר באיור 1).



מקורות של שקיעות מתח ומאפייניהן

בדרך כלל, שקיעת מתח נגרמת מתקלה (קצר) במקום כלשהו במערכת אספקת החשמל, רחוקה מהדקי הצרכן. התנעת מנועים בעלי אינרציה גדולה, יכולה לגרום לשקיעות מתח, אך אלו הן בדרך כלל שקיעות ממושכות הנמשכות יותר משנייה אחת, ולכן קרובות יותר למצב של תת-מתח ובמקרה זה גם עומק השקיעה קטן יחסית. תקלות שגורמות לשקיעות מתח יכולות להתרחש הן בחצרי הלקוח כמו במפעלים, והן במערכת האספקה של חברת החשמל.

השקיעות נמשכות עד אשר התקלה מסולקת באמצעות התקני ההגנה (או כשהסיבה לתקלה נעלמת). בחצרי הלקוח, הדבר מתבצע באמצעות נתיך או מפסק ראשי, ובחברת החשמל באמצעות מפסק שמתוקן בתחנת משנה (תחמ"ש) או נתיך שמתוקן בהסתעפות. אם החברה משתמשת בהגנת חיבור-חוזר (Recloser), יכולות שקיעות המתח להתרחש מספר פעמים ולפרקי זמן שונים. שקיעות מתח יכולות להתרחש גם כן כתוצאה מתקלות המתרחשות במערכת החלוקה.

תקלות המתרחשות במערכת המסירה של חברת החשמל יכולות להשפיע על לקוחות רבים. אפילו לקוחות המרוחקים מאות קילומטרים ממקום התקלה, יכולים לחוות שקיעות מתח כאלה.

הרוב המוחלט של תקלות שמתרחשות במערכת חברת החשמל נגרמות כתוצאה מקצר חד-פאזי לאדמה. קצרים תלת-פאזיים הם חמורים יותר אך הרבה פחות נפוצים. קצר מתרחש לעיתים כתוצאה מתנאי מזג אוויר חריגים כמו ברק, רוח ושלג. גורמים נוספים לתקלות הם: זיהום המבדדים, פגיעה של בעלי חיים ותאונות הקשורות לבנייה ולתחבורה. אף על פי שחברות החשמל עשו כבר דרך ארוכה למניעת תקלות

השלכות הנובעות משקיעות מתח

שקיעות מתח יכולות לשבש ואף לשתק ציוד ומתקני החשמל שלא מוגנים/מחוסנים בפניהן וכפועל יוצא מכך להפסיק תהליכי ייצור שונים ולגרום לנזקים כבדים. עקב כך, הן מהוות את אחת מהבעיות החמורות באיכות החשמל שבה נתקלים צרכני החשמל כאחד. בשנים האחרונות, נקלעים חלק גדול מצרכני החשמל במשק ובמיוחד במגזר התעשייתי בבעיות הנובעות משקיעות מתח, כאשר הסיבה העיקרית לכך היא הרחבת השימוש בציוד ובטכנולוגיות ייצור חדישות, שרגישותם לשקיעות מתח גבוהה במיוחד. בין המכשירים/האבזרים הרגישים לשקיעות מתח נמנים: מחשבים, בקרי תהליך ובקרים מתוכנתים, וסתי מהירות, רובוטים וכו'. אפילו ממסרים ומגעונים, המהווים מרכיב יסודי במתקני החשמל, עלולים להיות רגישים לשקיעות מתח ובעתיון להשתחרר (ליפול) ולגרום לעצירת תהליך הייצור.

מההיבט של חברת החשמל, תופעה זו עלולה להביא לניתוק גורף של צרכני החשמל מרשת אספקת החשמל, ובמקרים קיצוניים אף לקריסת מערכת אספקת החשמל עד כדי עלטה כללית, שהשלכותיה עלולות להיות חמורות ביותר. מסיבה זו ומתוך ראייה מערכתית פועלת חברת החשמל במישורים שונים על מנת לנסות ולהקטין את הסיכויים להיווצרות מצב זה.

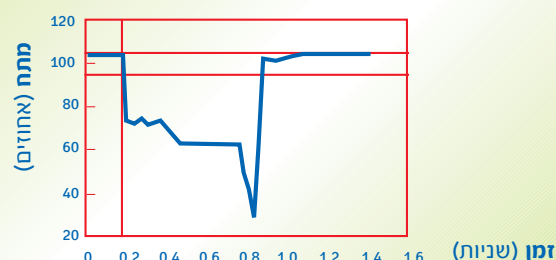
רגישות הציוד לשקיעות מתח

ציוד או מתקן חשמלי נחשב כרגיש לשקיעות מתח אם פעולתו משתבשת בעקבות התרחשות של שקיעת מתח.

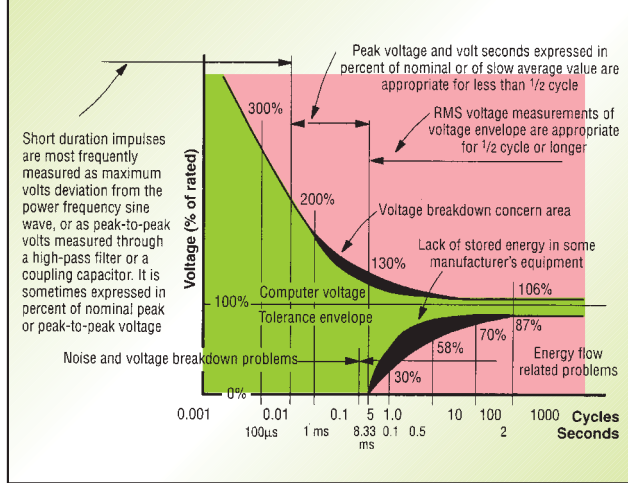
בתהליך תעשייתי, פרטי הציוד יכולים להיות בעייתיים במיוחד לשקיעות מתח, הואיל והם מקושרים ביניהם, והפסקה (שימוט - trip) של ציוד אחד יכולה לגרום להשבתת תהליך הייצור בקו ייצור מסוים או של המפעל כולו.

בין תעשיות אלה נמנות: תעשיות הפלסטיקה, פטרוכימיה, טקסטיל, זכוכית, נייר, גומי וחצאי מוליכים.

איור 1: דוגמה של שקיעת מתח שמקורה בתקלה במערכת החלוקה



איור 2: עקומת CBEMA לחסינות התקני עיבוד נתונים בפני סטיות מתח



ציוד/מתקנים שיכולים להיות מושפעים משקיעות מתח כוללים:

- מנועים, גופי חימום ועומסים תלת-פאזיים אחרים שיכולים להתחבר ישירות לפסי צבירה במתח נמוך (באמצעות מגעונים ו/או ממסרים).
- וסתי מהירות אלקטרוניים והתקני אלקטרוניקה הספק תלת פאזיים אחרים שמחוברים ישירות או דרך שניא במבד לפסי צבירה במתח נמוך.
- גופי תאורה (מנורות) שברוב המקרים הם מחוברים בין פאזה לאפס.
- התקני פיקוד ובקרה כמו מחשבים, מגעונים ובקרים מתוכנתים (PLC), שלעיתים ניזונים דרך שניא בקרה חד-פאזי.

יכול להוצר מצב של שני סוגים של ציוד, ואפילו שני סוגים זהים שפועלים בתחומי עבודה שונים (כגון שני מודלים של וסתי מהירות), שתהיה להם רגישות שונה באופן משמעותי לשקיעות מתח. דבר זה מקשה מאוד לפתח כלל (תקן) אחיד לרגישות של ציוד תעשייתי לשקיעות מתח.

המסמך הקרוב ביותר לתקן הוא עקומת CBEMA (Computer Business Equipment Manufacturers Association) שפותחה על-ידי יצרני ציוד מחשבים ומתוארת באיור 2. העקומה מיועדת להתקני עיבוד נתונים, המיועדים למתח בתדירות של 60Hz, כמו: מחשבים, בקרים מתוכנתים והתקנים חצאי מוליכים אחרים. העקומה מראה שרגישות הציוד תלויה מאוד במשך שקיעת המתח. היא מאפשרת שקיעת מתח מלאה (0% מתח) למשך חצי מחזור ו-13% שקיעת מתח (87% מהמתח) עבור 30 מחזורים (חצי שניה).

האפשרויות והעלויות לפתרון בעיית שקיעות מתח

קיימים אמצעים ושיטות שונות לפתרון הבעיות הנובעות משקיעות מתח. פעולות אלה ננקטות במערכות החשמל של הצרכנים על-פי הצורך ובהתחשב בשיקולים טכניים וכלכליים (עלות כנגד תועלת). כדי לחסן את העומסים הסופיים מפני שקיעות מתח, נחוץ אמצעי גיבוי שיגיב תוך פרק זמן של חצי מחזור בקירוב ויספק מתח נומינלי לעומס למשך זמן של שניות אחדות, עד אשר מתח האספקה חוזר למצבו התקין. למטרה זו נדרש מקור של אנרגיה אגורה באתר, או מקור אנרגיה חלופי. התקנים אלה חייבים להיות מסוגלים להתחבר לעומס במהירות רבה, או להיות במצב מקוון (on-line) באופן תמידי.

מטבע הדברים, עקב אילוצים כלכליים, מגובים העומסים הקריטיים בלבד, שביכולתם לשחק את הייצור באתר. לעיתים, עומסים כאלה הם מספר בקרים אלקטרוניים או מחשבים, שיחידת אל-פסק אחד רגילה יכולה לפתור את הבעיה. לעומת זאת, נחוצה השקעה גבוהה יותר לגיבוי כל האתר / המפעל / התהליך מפני שקיעות מתח. למטרה זו פותחו בשנים האחרונות התקנים לאגירת אנרגיה רבה כמו:

- מפסקי מחלף מהירים מאוד, שביכולתם להעביר את העומס לזינה חלופית תוך פרק זמן של מילישניות בודדות (פחות מ-5 מילישניות).
- התקן אגירה במוליכות על - (SSD-Superconducting Storage Device)

• מערכת (Dynamic Voltage) DVR (Restorer).

ה-SSD מסוגל לגבות את העומס מפני שקיעות מתח והפסקות חשמל חולפות למשך זמן קצר של כ-2 שניות.

ה-DVR מיועד להתגבר על שקיעות מתח. שתי יחידות כאלה בהספק של 22.5MVA כל אחת מותקנות בארץ במפעלים לייצור חצאי מוליכים.

למתקני זרם ישר, כמו מערכות טלפוניה, נחוצות יחידות אל-פסק גדולות מאוד, שיכולות לספק את האנרגיה עד אשר גנרטור החירום יותנע ויספק את מלוא העומס הנדרש.

קיימים התקני גיבוי נוספים, המכונים "מיציבי מתח", אשר מיושמים לגיבוי עומסים בפני שקיעות מתח והפסקות חולפות יחד, ביניהם: מיציבי מתח מגנטיים כמו "שניא פרורזוננט" (Ferroresonant Transformer), "סינתיסיזר מגנטי" (Magnetic Synthesizer) ויחידות אל-פסק סטטיות וסובבות/דינמיות (צמדי מנוע-גנרטור). שני סוגים בסיסיים של יחידות אל-פסק המיושמים בהרחבה הם "אל-פסק מקוון" (on-line) ו"אל-פסק מצב הכן" (Standby). יחידות אלה יכולות להיות מיושמות גם לגיבוי מפני הפרעות ממושכות באספקת החשמל.

פתרונות אפשריים להקטנת מספר שקיעות המתח וחומרתן לציוד הקצה שרגיש לשקיעות מתח (וכן להפסקות חשמל חולפות), יכולים להיות מיושמים ברמות שונות של המערכת המזינה את מתקן החשמל של הלקוח. איור 3 מציג אפשרויות שונות לפתרון בעיית שקיעות מתח ועלויותיהן היחסיות.

בדרך כלל, הפתרון הזול ביותר לבעיית שקיעות המתח של המתקן, מתבסס על יישום מרכיבים המחוברים מראש בפני שקיעות מתח (מרכיבים לא רגישים המדלגים על שקיעת מתח - רמה 1 באיור 3). מרכיבים אלה ניתנים להרכבה כבר בשלבי הכנת המפרט הטכני של הציוד או בעת הזמנתו, כך שספק הציוד יספק מרכיבים עם גיבוי עצמי, המסוגלים לדלג על שקיעות מתח בעלי עומק ומשך זמן מוגדרים. ספקים רבים יכולים ליצר יחידות כאלה ללא קושי, במידה וידרשו זאת מהם עוד בשלבי קבלת הצעת המחיר. ברמה הגבוהה יותר של עלות (רמה 2), ניתן לגבות את מערכת הבקרה של המתקן בלבד בפני שקיעות מתח באמצעות יחידות אל-פסק (UPS) או ציוד אחר לייצוב מתח. זאת, בתנאי שמרכיבים אחרים של המתקן, מנועים ועומסים אחרים, מסוגלים לעמוד מפני שקיעות המתח מבלי שייגרם להם כל נזק והגורם הבלעדי להפסקת פעולתם של המרכיבים האלה הוא מערכת הבקרה.

גיבוי כל מרכיבי המתקן לשקיעות מתח (רמה 3), מצריך מערכת אספקה חלופית בגודל (בהספק), המסוגל לגבות את המתקן בשלמותו למשך זמן מוגדר.

הרמה הרביעית היא למעשה חלופה לאספקה מצד חברת החשמל שנועדה להקטין באופן משמעותי את מספר שקיעות המתח (והפסקות חשמל חולפות) ללקוח.

לטווח הארוך, הפתרון הטוב ביותר לבעיות של שקיעות מתח, הוא ברכישת ציוד שמחוסן בפני שקיעות מתח (בעל יכולת של דילוג עליהן).

עם הגברת המודעות של ספקים לנחיצות ציוד מסוג זה, גובר גם השימוש בו כציוד שכיח בתהליכי הייצור. כיום, ישנם ספקים שמציעים סוגים חדשים של ציוד המסוגל לעמוד בשקיעות מתח חריפות.

עד אשר הציוד יוכל לטפל בשקיעות מתח באופן ישיר בעצמו, נחוץ לעיתים להשתמש במתקנים לייצוב מתח עבור עומסים רגישים. ■

איור 3: אפשרויות ועלויות לפתרון בעיית שקיעות מתח

