

תקלות והפרעות במערכות בקרה, מנועים, כבלים, UPS ותאורת LED

אחת הבעיות הנפוצות ביותר במתקנים היא תופעות מעבר - הפרעות על מתח האספקה שנמשכות בין מיקרו שניות לחצי מחזור • הנזקים הנגרמים מהן רחבים מאוד ומשפיעים כמעט על כל חלק במתקן • כיום ניתן למנוע, או לפחות לצמצם, את ההשפעה שלהן על ידי התקנה של מסנן פשוט וזול

מהנדס אמיר ברושי, Power Quality Doctor

מעבר. מיישר תלת פאזי מייצר שש תופעות מעבר במחזור, כלומר מעל מיליון תופעות מעבר בשעה או שמונה מיליארד תופעות מעבר בשנה ממכשיר בודד! בעוד שציוד בודד מוגן בפני תופעות המעבר שהוא עצמו מייצר, השילוב עם ציוד נוסף המותקן באותו אזור גורם לנזק משמעותי המתבטא הן בנזקים לציוד (שריפת ספקי כוח, כרטיסים אלקטרוניים ופריצת בידוד) והן לתקלות הפעלה (מערכות בקרה הפועלות באופן שגוי, מערכות היוצאות מסנכרון ועוד).

הגדרות

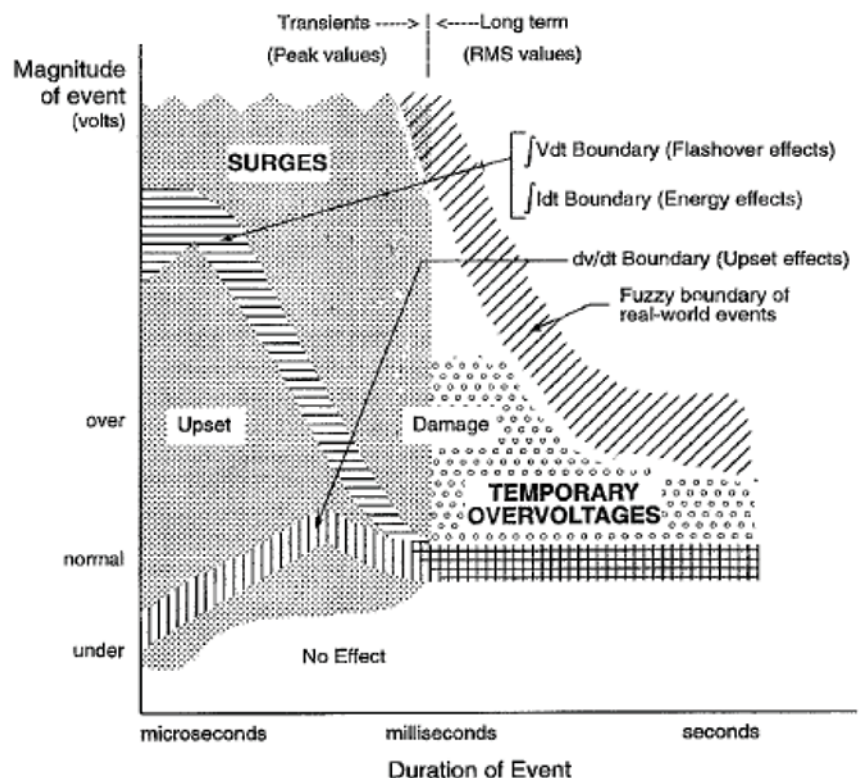
תופעות מעבר הן הפרעות על מתח האספקה שנמשכות בין מיקרו שניות לחצי מחזור (10 מילי שניות). תופעות מעבר הן תופעות איכות החשמל המגוונות והשונות ביותר - קיימים להן מספר רב של מאפיינים, גורמים והשפעות. באופן כללי ניתן לחלק אותן לשני סוגים - דרבונים (spikes) ושקעים (notches). מכיוון שעוצמת המתח של דרבונים יכולה להגיע במתח נמוך לקילו וולטים ואף לעלות מעל 10 קילו וולט, ולמאות ולאלי קילו-וולט במתח גבוה, בכל מתקן מותקנים כולאי ברקים (Lightning Arrester) אשר מונעים ממתחי היתר להיכנס למתקן. בעוד שכל מתקן מסנן דרבונים, נוטים להתעלם לחלוטין משקעים, למרות שהם קיימים בכל מתקן וגורמים לנזקים אדירים.

קיים קושי למדוד את התופעות המהירות במיוחד (מעל 100 קילו הרץ) שכן נתחי איכות החשמל הטובים ביותר הנמצאים בשימוש רחב מודדים ב-1024 דגימות למחזור לכל היותר, בעוד שעבור מדידת חלק מתופעות המעבר נדרשות מעל 4000 דגימות במחזור. בנוסף, מכשירים רבים מזהים תופעות מעבר ע"פ סף

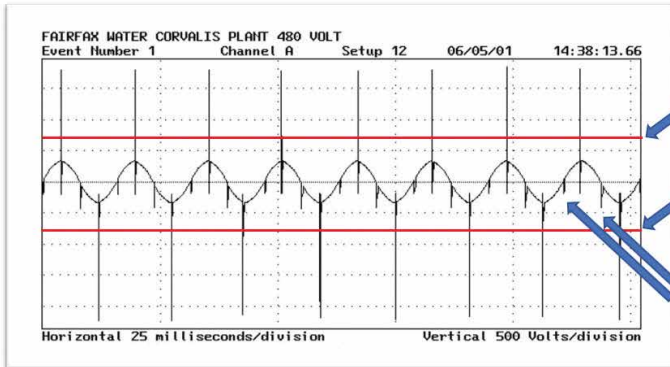
אולם ככל שהטכנולוגיות המותקנות במתקנים מודרניים מתקדמות יותר, הן גם גורמות ליותר הפרעות באיכות החשמל וגם יותר רגישות להפרעות כאלה ומחייבות את המתכננים לתת את הדעת לכך הן בשלבי התכנון והן בשלבי התפעול של המתקנים.

אחת הבעיות הנפוצות ביותר במתקנים היא תופעות מעבר. מכיוון שכל מיישר, כדוגמת ווסת מהירות, אל-פסק או כל ספק כוח (אפילו המטען של הטלפון הנייד) מייצר תופעות מעבר במהלך העבודה הרגיל שלו, בכל מתקן קיימות תופעות

במקרים רבים קיימות הפרעות או תקלות שונות במתקנים אשר מקורן אינו ברור. לדוגמה, מערכות בקרה אשר פועלות בשונה מהתכנון שלהן, מנועים וכבלים אשר הבידוד שלהם נפגע, מערכות אל-פסק אשר לא פועלות כשורה או תקלות בדרייברים של תאורת LED. למרות שידוע שהסיבה לחלק גדול מהתקלות האלה היא איכות חשמל לקויה, התקנת מסננים בשלבי התכנון פחות מקובלת בישראל. במקום אחזקה מונעת ותכנון עמיד, התכנון מוכוון עלויות המקובל בישראל מוביל לאחזקת שבר.



תופעות מעבר ע"פ תקן IEEE C62.41



ספי הקיטום של כולא ברקים

תופעות מעבר מזיקות, עוברות כולא ברקים

מהנזק האדיר הזה (36%) נובע מתופעות מעבר, כלומר כ-1.5% מהמחזור העסקי.

בין התקלות ניתן למצוא:

- צורך לאתחל מחשבים, PLC או ברקים
 - בלאי בציוד אלקטרוני
 - תקלות בציוד אבטחה או גילוי אש
 - תקלות במערכת בקרה של גנראטורים
 - נזקים בווסתי מהירות, בליפופי מנועים ובבידוד של כבלים (בתמונה)
 - תקלות בציוד תקשורת וטלפוניה
 - קיצור אורך חיים של אל-פסק וזמן גיבוי קצר מהמוצהר
 - תקלות בחיישנים וציוד מדידה אחר.
- ניתן לסכם את התקלות מתופעות מעבר בכלל האצבע - "אם מקור התקלה לא ברור, זה כנראה מתופעות מעבר".

פתרונות

ניתן לחלק את הפיתרון לשני חלקים:

צמצום התופעה

- לא ניתן למנוע לחלוטין את ייצור תופעות המעבר, אולם ניתן לצמצם אותן על ידי:
- שימוש במתנת רך במקום בווסת מהירות, במידה והיישום מאפשר
- שימוש במגענים אלקטרוניים במעבר אפס במקום במגענים אלקטרו מכאניים
- שימוש בווסת מהירות שש דרגות עם מסנן הרמוניות חיצוני במקום בווסת מהירות "ללא הרמוניות" אשר מייצר הרבה יותר תופעות מעבר

סינון ההפרעות

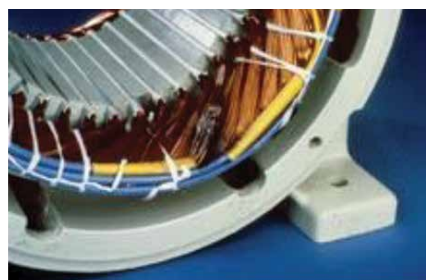
באופן מפתיע סינון של התופעה הכי נפוצה שגורמת כל כך הרבה נזק הוא גם הכי זול. חברת ECS האמריקאית פיתחה מסנן המיועד לתדרים

פאזי כולל ארבעה מסננים בלבד - בין כל אחת מהפאזות להארקה ובין האפס להארקה, בעוד שתופעות מעבר מתפתחות גם בין הפאזות לבין עצמן ובין הפאזות לאפס.

השפעות

הנזקים הנגרמים מתופעות מעבר רחבים מאוד ומשפיעים כמעט על כל חלק במתקן. כיוון שתדר העבודה של מעבדים עולה משנה לשנה ומתח העבודה הפנימי שלהם יורד (מ-12 וולט לפני עשרות שנים, דרך חמישה וולט בעבר ועד לכ-1 וולט כיום), השפעת תופעות המעבר גדלה כל הזמן. למעשה, הם כל כך נפוצים שברוב המקרים יש נטייה להתעלם ממקור התופעה ולהתייחס אליה כאל "התיישנות". כיוון שמתקן חשמלי מתוכנן לעבודה רצופה של מעל עשר שנים, כל תקלה לפני תקופה זו קשורה לבעיה באיכות החשמל ו/או תנאי סביבה.

אירגון Leonardo Energy, אירגון גג של חברות החשמל באירופה, ערך מחקר מקיף בנושא נזקי איכות חשמל (European Power Quality Survey Report, Manson & Targosz, Leonardo Energy Institute). המחקר העריך את הנזקים במדינות האיחוד האירופי ב-150 מיליארד יורו בשנה ושלבמוצע כל מפעל תעשייתי מאבד 4% מהמחזור שלו עקב איכות חשמל לקויה. מעל שליש



פגיעה בבידוד במנוע עקב תופעות מעבר

מתח ואינם מזהים notches. כתוצאה מכך תופעות מעבר, למרות הנזק העצום שהן גורמות, מקבלות פחות תשומת לב מאשר הפרעות איכות חשמל אחרות.

אמת מידה 141 מציינת שבמידה ויש בעיות במתקן ומבצעים סקר איכות חשמל, יש למדוד את כלל תופעות איכות החשמל, אולם אינה מתייחסת לתופעות מעבר. ת"י 50160 מציין את התופעה, מסביר שמקורה היא ברקים ומיתוגים בתוך המערכת, וכן מספק תיאור קצר אודות ההבדלים בין שני הגורמים ודרכי ההתגוננות.

לכל ציוד קיים נתון לעמידות בתופעות מעבר הנקרא Impulse withstand Installation Class. לדוגמה, ציוד תקשורת ומחשבים עומד ב-Class I ואמור לעמוד בתופעות מעבר של עד 1.5 קילו-וולט, ציוד של לוחות משנה אמור לעמוד ב-Class III שמוגדר כארבעה קילו-וולט וציוד בלוחות ראשיים אמור להתאים ל-Class IV שמוגדר כשישה קילו-וולט. כיוון שהבדיקה לתאימות לתקן מבוצעת על תופעת מעבר בעל מאפיין מאוד מסוים, גם תופעות מעבר נמוכות יותר עלולות לפגוע בציוד.

בארה"ב נושא תופעות המעבר מפותח מאוד: תקן IEEE C62.41 מגדיר את סוגי תופעות המעבר והמלצות על מיקום מסננים. אירועים שבהם המתח יורד מתחת למתח הנומינלי מוגדרים בתקן Upset, כלומר עלול לגרום להפרעות בהפעלת ציוד (ראו איור בעמוד קודם). תקן IEEE 519, הידוע בעיקר בספי הרמוניות שבו, מגדיר גם ספים מומלצים לתופעות מעבר באפליקציות שונות. ההגדרה היא הן לעומק מירבי של Notch והן לשטח שלו, בהתייחסות לאפליקציות רגישות (עומק מירבי 10%), אפליקציות רגילות (20%) ויישומים ייחודיים (50%).

גורמים

לתופעות מעבר שלושה גורמים עיקריים:

- ברקים
- מיתוגים
- קצרים

כאמור, כל מתקן מצוייד בכולא ברקים, אבל הוא מונע מעבר של מתחי יתר ואינו מסנן תופעות מעבר מכיוון שהוא קוטם את גל המתח מרמת מתח מסויימת כפי שמוצג באיור למעלה.

כתוצאה מכך כולא ברקים לא "רואה" תופעות מעבר מסוג Notch (כמוצג בשידוט) ומאפשר לתופעה לעבור דרכו. בנוסף, כולא ברקים תלת

תקלות ציוד תקשורת

חברת Telefonica היא אחת מספקיות הטלפון הגדולות בעולם. בעקבות תקלות חוזרות ונשנות בתאים הסלולאריים שלהם, הוחלט להתקין מסנן תופעות מעבר SineTamer בשלוש נקודות - בלוח הראשי, בכניסה למישרים ובמוצא שלהם. שלוש דרגות סינון מספקות את הסינון הטוב ביותר ומומלצות על ידי היצרן. לפני ההתקנה אירעו באתר בממוצע ארבע תקלות בשנה של שריפת מיישרים אשר גרמו לנזק ישיר של בין 600 ל-2,000 דולר לתקלה, אשר בתוספת לעלות ההחלפה, כוח אדם וזמן השבתה הוערכו ב-20,000 דולר לשנה. עלות המסננים שהותקנה היא כ-4,000 דולר, כלומר החזר השקעה של חודשים ספורים.

תקלות באל-פסק

חברת Repalco היא יצרנית של מדבקות לציוד

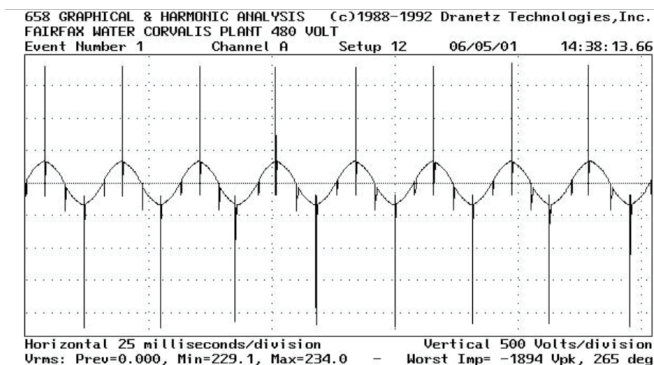
התקנות לדוגמה

תקלות במערכת בקרה

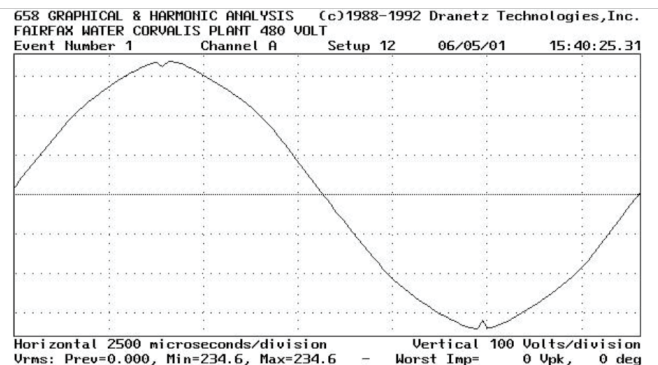
מערכת בקרת החניה של שדה התעופה SRQ בפלורידה הייתה נתקעת כל כמה זמן, ונדרשה התערבות מפעיל של כיבוי והדלקה לאחר כל תקיעה כזאת. כאשר המערכת הייתה נתקעת במצב בו המחסום סגור, הדבר גרם לחוסר שביעות רצון המשתמשים ולפתירת הבעיה במהרה אולם לעיתים המחסום נתקע במצב פתוח, דבר שגרם לאובדן הכנסות משמעותי. בנוסף, במקרים רבים לאחר הפרעות ברשת החשמל נדרשו להחליף ספקי כוח וכרטיסי התקנת SineTamer מנעה לחלוטין את התקיעות האלה וצמצמה למינימום את התקלות, הרבות תקלות אשר נגרמו מחיבורים חוזרים של חברת החשמל.

של תופעות המעבר, אשר מותקן במקביל לכניסת המתחים לעומסים וכן על קווי התקשורת. יתרונות מסנן תופעות המעבר, הנקרא SineTamer (ראו תמונה), הם:

- סינון תופעות מעבר על פי תדר ההפרעה במקום עוצמת המתח
- פיזור חום ייחודי בעל עמידות דיאלקטרית גבוהה
- עד 10 מסננים פנימיים בכל יחידה - בין כל פאזה לאפס, בין כל פאזה להארקה, בין אפס להארקה ובין הפאזות
- 15 שנות אחריות
- קומפקטי וזול (החל מ-500 דולר למסנן)
- פשוט וקל לאיפיון - 5 דגמים עיקריים (חד פאזי 15 או 30 אמפר, תלת פאזי לעומס עד 400 אמפר, לעומס מעל 400 אמפר, ללוח ראשי).
- בגרפים ניתן לראות תופעות מעבר לפני ואחרי סינון:



אחרי סינון (בהגדלה, על מנת לראות את שאריות ההפרעות)



ללא סינון



טכנאי מטפל בתקלה בשלט פירסום



מסנני תופעות מעבר

מצטבר. כיום ניתן למנוע, או לפחות לצמצם, את ההשפעה שלהן על ידי התקנה של מסנן פשוט וזול, אשר נותן החזר השקעה קצר מאוד. מומלץ לשקול הוספת מסנן כזה בכל מתקן, כבר בשלבי התכנון. בשלב התחזוקה, במקרים רבים יותר זול ופשוט להתקין מסנן ולבחון את התוצאות מאשר לנסות ולמדוד את תופעות המעבר.

סטנדרט בכל התקנה של החברה, כמות התקלות בשלט הבעייתי ירדה לפחות מאחת בשנה (לסינון מירבי נדרשות שתי רמות סינון לפחות – ליד העומס ובלוח החשמל).

סיכום

תופעות מעבר קיימות בכל מתקן וגורמות נזק

תעשייתי, מזון, פירות ועוד. על מנת לשמור על רציפות תהליך הייצור, מערכות הבקרה של הציוד שלהם מוגן ע"י אל-פסק מתוצרת GE. מהנדס החברה גילה שזמן הגיבוי של ה-UPS קצר משמעותית מהמתוכנן, וכן אירעו מספר תקלות שדרשו החלפת רכיבים.

לפני שנתיים וחצי הותקן SineTamer הן בלוח הראשי והן בכניסה של ה-UPS ומאז פסקו התקלות לחלוטין. לאחר החלפת המצברים, זמן הגיבוי שלהם חזר להיות כמתוכנן ונשאר יציב לאורך זמן.

נזקים בתאורת LED

חברת LetreCorp הוקמה בשנת 1996 ומספקת מתקני פירסום מוארים. לאור השינויים הטכנולוגיים כיום רוב מתקני הפירסום שלה מוארים בתאורת LED. מהנדסי החברה גילו שכמות התקלות בשילוט גדלה משמעותית עם המעבר לטכנולוגיית ה-LED בהשוואה לשלטי הניאון שקדמו להם. הנזק שנגרם מכל תקלה כולל את עלות הציוד התקול, עלות ההחלפה, העדר הכנסות ומעל לכל – פגיעה תדמיתית. כמות התקלות שונה משלט לשלט כאשר השיא היה שלט אשר התקלקל בממוצע כל 15 ימים. לאחר התקנת ה-SineTamer, אשר כיום הוא



אשר מתחיל בזיהוי צרכים על ידי ניטור הפרעות ותקלות במתקן, איתור גורמי הבעיות באמצעות ביצוע מדידות וניתוח איכות חשמל, אספקת פתרונות ואימות שהפתרון נותן מענה מלא. הפתרונות שהחברה משווקת נותנים מענה לכלל בעיות איכות החשמל וכוללים פילטרים להרמוניות (פאסיביים ואקטיביים), פילטרים לתופעות מעבר, מייצבי מתח ומערכות לקיזוז שקיעות מתח.

מהנדס אמיר ברושי הינו בעל תואר BSc בהנדסת חשמל (בהצטיינות) מהטכניון בחיפה ותואר MBA מאוניברסיטת דרבי, אנגליה. משנת 1987 עוסק במגוון תפקידים בתחומים של רשת חכמה, איכות חשמל והנדסת הספק. שירת כמהנדס מחקר ופיתוח בחיל הקשר והאלקטרוניקה במסגרת העתודה האקדמאית, היה שותף מרכזי בהקמת חברת אלספק, ריכוז את תחום ההינע החשמלי בחברת פאוורסינס (בעבר הנדסת הספק) והיה סמנכ"ל יצרנית מכשירי המדידה סייטק. בשנת 2010 הקים את חברת Power Quality Doctor. חברת Power Quality Doctor מספקת מענה כולל