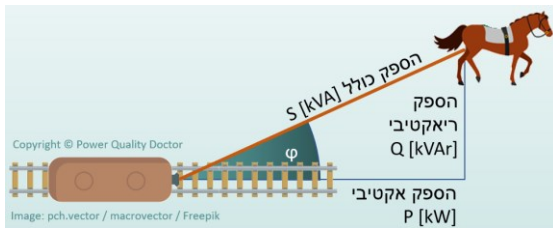


מקדם הספק במתקני PV המותקנים במתקני צריכה

מאת: מהנדס אמיר ברושי

איור 2 מציג באופן אינטואיטיבי את משולש ההספקים ע"י סוס שמושך עגלה לאורך מסילת ברזל. במידה והסוס הולך במקביל למסילה כל הכח שלו מזיז את העגלה אולם במידה ויש זווית בין כיוון הליכת הסוס והמסילה רק חלק מהכח המופעל מקדם את העגלה.



איור 2: הצגה אינטואיטיבית של משולש ההספקים

מקדם ההספק הוא היחס בין ההספק האקטיבי להספק הכולל והוא שווה לקוסינוס הזווית שביניהם (בהעדר הרמוניות):

$$\text{Power Factor} = \cos(\varphi) = \frac{kW}{kVA}$$

במידה והערך נמוך מ-0.92 (במתח נמוך), משלמים קנס מכיוון שהתשתית צריכה להתאים להספק הכולל ואילו השימוש הוא רק בהספק האקטיבי.

על מנת לשפר את מקדם ההספק מחברים קבלים, שהם צורכים הספק ריאקטיבי שלילי (נקרא גם קיבולי).

לדוגמה מתקן שצורך 100 קו"ט ו-50 קו"אר. נוכל לחשב את מקדם ההספק שלו ע"י חישוב ההספק הכולל לפי הנוסחה הידועה ממשפט פיתגורס

$$kVA^2 = kW^2 + kVAr^2$$

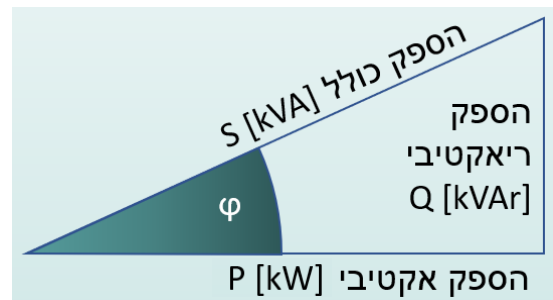
לפי זה ההספק הכולל 111.8 קו"א ומקדם ההספק 0.89. אם נחבר קבל של 20 קו"אר, ההספק האקטיבי לא ישתנה, ההספק

חברת חשמל מחשבת את מקדם ההספק (הידוע גם בשם קוסינוס פי) של כל צרכן. במידה ומקדם ההספק נמוך מדי חברת החשמל מחייבת בקנס בחשבון החשמל. על מנת להימנע מהקנס הצרכנים מתקינים מערכת קבלים לשיפור מקדם ההספק.

כאשר במתקן הצריכה משולב מתקן ייצור, כדוגמת מערכת סולארית, הבעיה הופכת למורכבת יותר כתוצאה מגורמים רבים כפי שיוסבר בהמשך. במקרים רבים הצרכן מוצא את עצמו משלם קנסות שעלולים להיות אפילו גבוהים מהסכום המשולם עבור הייצור הסולארי.

מה זה מקדם הספק ומדוע גובים עליו קנס

על מנת לבצע עבודה, כמו הפעלת מנוע, הדלקת אור או הפעלת ציוד, אנו משתמשים בהספק אקטיבי (נמדד ביחידות של קילו-וואט או בקיצור קו"ט). לעומת זאת, לחלק מהעומסים יש גם צורך בהספק ריאקטיבי (נמדד ביחידות של קילו-וואר או בקיצור קו"אר), לדוגמה זרמי מיגנוט של מנועים או שנאים. ההספק האקטיבי והריאקטיבי יוצרים ביחד את ההספק הכולל (הנמדד ביחידות של קילו-וולט-אמפר או בקיצור קו"א) כפי שניתן לראות במשולש ההספקים באיור 1.



איור 1: משולש ההספקים

שלושה – גבוה מדי ולכן מנתקת קבל).
התוצאה היא נזק למגענים, פגיעה בקבלים,
נזק לתאורת לד, מערכות בקרה ועוד.

בעיות נוספות העוללות לגרום לקנסות
במתקנים משולבי ייצור:

- בקר קבלים שאינו תומך בייצור סולארי
- בקר קבלים שאינו מוגדר נכון
- בקר קבלים שאינו מחובר נכון
- מיקום שגוי של משנה הזרם
- מכיוון שיש שני תקנים שונים לאופן המדידה של מקדם הספק, והעובדה שיש מספר מונים במתקן, הסיכוי לטעויות במדידה ו/או בחישוב עולה משמעותית
- הרמוניות במתקן, אשר המערכת הסולארית ו/או הקבלים מגבירים, גורמים להקטנת מקדם ההספק

פתרונות

יש מגוון רחב של פתרונות ולא ניתן להגדיר פתרון אחד שמתאים לכלל המקרים. אחד המקרים שבדקתי היה מפעל באזור תעשייה במרכז הארץ המוזן משתי הזנות נפרדות בעלות גודל חיבור זהה ומערכת סולארית זהה, אבל ההמלצה לפתרון בעיית מקדם ההספק הייתה שונה לכל הזנה!

פתרון בעיית מקדם ההספק יכולה לכלול אחד או יותר מהפתרונות הבאים:

- שינוי ההגדרות בבקר הקבלים הקיים
- החלפת בקר הקבלים בבקר מתאים
- שינוי גודל קבוצת הקבלים הראשונה
- שינוי מיקום מדידת הזרם של בקר הקבלים
- סינון הרמוניות פאסיבי של עומסים עיקריים למניעת ניתוק הקבלים עקב הרמוניות
- מסנן הרמוניות אקטיבי המתקן מקדם הספק דו-כיווני

הריאקטיבי יהיה 30 קוא"ר (50 פחות 20) וכתוצאה מכך ההספק הכולל 104.4 קו"א ומקדם ההספק 0.96.



מה הבעיה במערכת סולארית

במתקן שיש בו גם מתקן צריכה וגם מתקן ייצור עלולות להיות מספר בעיות שיגרמו לקנסות אודות מקדם הספק נמוך. לדוגמה, נניח שהקבל במתקן בדוגמה הקודמת הוא חלק ממערכת קבלים אוטומטית הכוללת עוד קבלים בהספק 20 קוא"ר כל אחד, ושמותקנת מערכת סולארית בהספק של 100 קו"ט. בשעת הבוקר המערכת מייצרת 90 קו"ט, כך שהצריכה נטו היא 10 קו"ט ו-50 קוא"ר. אם מערכת הקבלים תחבר שני קבלים נקבל צריכה של 10 קוא"ר והספק כולל של 14 קו"א עם מקדם הספק 0.71. אם המערכת תחליט לחבר קבל נוסף נקבל צריכה שלילית של 10 קוא"ר ומקדם הספק קיבולי של 0.71, כלומר לא ניתן להגיע למקדם הספק תקין. מצב של פיצוי יתר של מקדם הספק (מקדם הספק קיבולי) מגביר את ההרמוניות ומעלה את המתח וגורם לנזק לציוד. מקרה חמור יותר נוצר כאשר מערכת הקבלים מכניסה ומוציאה קבל לסירוגין (בדוגמה לעיל: כאשר יש שני קבלים – מקדם ההספק נמוך מדי ולכן מחברת קבל, וכאשר יש

מהנדס אמיר ברושי



בעל תואר BSc בהנדסת חשמל (בהצטיינות) מהטכניון בחיפה ותואר MBA מאוניברסיטת דרבי, אנגליה. משנת 1987 אמיר עוסק במגוון

תפקידים בתחומים של רשת חכמה, איכות חשמל, הנדסת הספק ו-IoT. אמיר שירת כמהנדס מחקר ופיתוח בחיל הקשר והאלקטרוניקה במסגרת העתודה האקדמאית, היה שותף מרכזי בהקמת חברת אלספק, ריכז את תחום ההינע החשמלי בחברת פאוורסיינס (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 אשר מתחיל בזיהוי צרכים ע"י 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 מהיצרנים הכי טובים בעולם:

- Schaffner, גרמניה – משנקים ומסנני הרמוניות פאסיביים ואקטיביים
- Mirus International, קנדה – מסנני הרמוניות פאסיביים בהספק עד 3500 kW
- Energy Control Systems, ארה"ב – כולאי ברק מבוססי תדר מסדרת SineTamer

• הכנת דו"ח מקיף ופניה לחברת החשמל לתיקון מדידה ו/או חישוב שגויים

חלופה נוספת היא להשתמש בממיר לצורך ייצור הספק ריאקטיבי. למרות שמדובר בפתרון פשוט מבחינה טכנית, עלות השימוש בו גבוהה מאוד כי ההספק הריאקטיבי מגיע על חשבון ההספק האקטיבי אשר יכול לשמש ליצירת הכנסה ולכן פתרון זה הוא הפתרון הכי יקר ליישום ולכן לא מומלץ.

המלצות

במידה ומקבלים קנס בעקבות מקדם הספק נמוך יש לבצע את הפעולות הבאות:

• בדיקת תפקוד מערכת הקבלים במצבי העמסה משתנים. במידת האפשר תיקון הליקויים תוך כדי בדיקה (שינוי הגדרות, שינוי מיקום מדידה, שינוי גודל קבוצה). את הבדיקה ניתן לבצע ע"ס רב מודד קיים, או התקנה זמנית של אנלייזר המבוצעת ללא הפסקת החשמל.

• השוואת המדידה לקריאת מוני חברת החשמל (במידת האפשר)

• בדיקת חשבון החשמל

• איפיון ויישום הפתרון

סיכום

שילוב של מתקן סולארי ומתקן צריכה עלול לגרום לתשלום קנסות בעקבות מקדם הספק נמוך. הקנסות עלולים להיות גבוהים ויש לפעול לתיקון הליקוי בהקדם האפשרי.

חברת Power Quality Doctor ביצעה עשרות מדידות במתקנים כאלה, תיקנה את מקדם ההספק של רבים מהם עם החזר השקעה קצר מאוד וסייעה לאחרים לקבל החזרים מחברת החשמל בסכומים מצטברים של מאות אלפי שקלים.