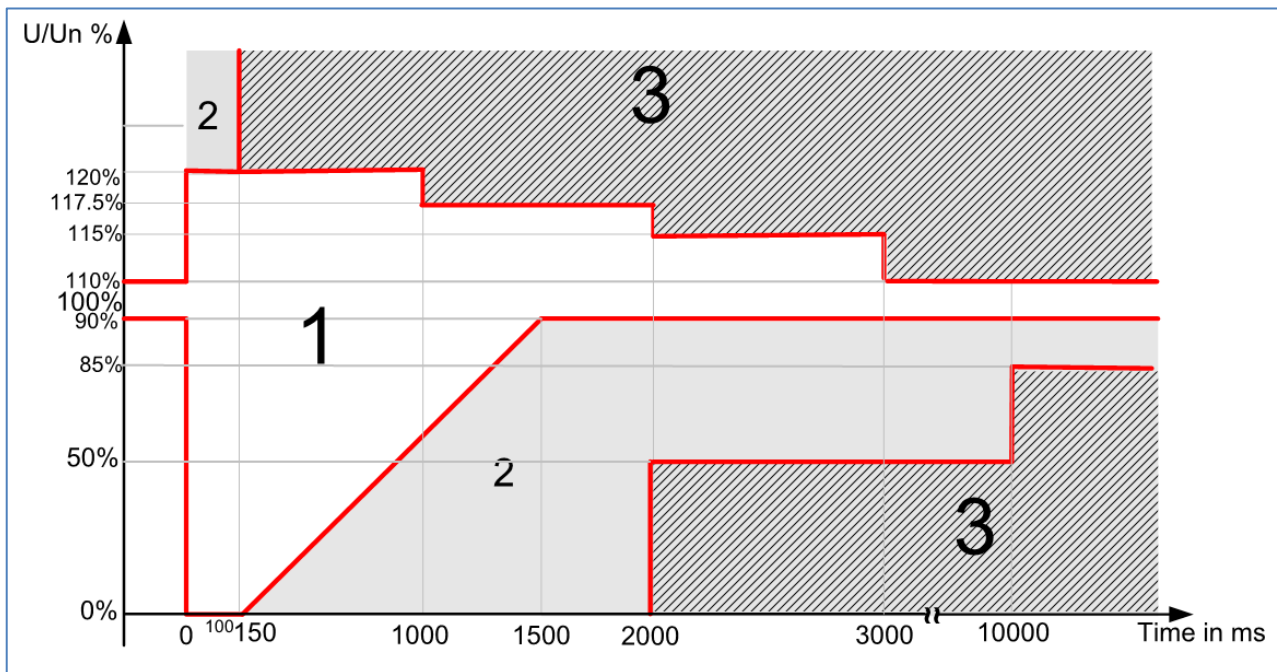




## חלק א': הנחיות לכוונון מהפכים פוטו-וולטאיים המחברים למתח נמוך

### 1. בתחום העמידה במתחים שונים :

- א. מצב יציב - המהפך יתפקד ברציפות כאשר המתחים הינם בתחום המותר ( $U_n \pm 10\%$ ).
- ב. מצב הפרעה - המהפך ימשיך לייצר במהלך ולאחר הפרעה ברשת, הגורמת לחריגת מתח, בהתאם לעקומת LVRT/HVRT (Low/High Voltage Ride Through) שלהלן:



איור 1: עקומת LVRT/HVRT

כאשר:

- אזור 1 (\*)** : המהפך לא יתנתק מהרשת וימשיך לייצר.
- אזור 2 (\*)** : המהפך רשאי להפסיק להזרים אנרגיה לרשת.
- אזור 3 (\*)** : המהפך מחויב להפסיק להזרים אנרגיה לרשת.

(\*) לאחר סילוק ההפרעה יש לחזור לערך של הזרם הפעיל שהמהפך יצר לפני ההפרעה. זמן התגובה  $T_{Response90}$  להפרעה מסוג מדרגה, המוגדר כזמן שנדרש להגיע לערך של 90% מהערך המתוכנן, לא יעלה על שנייה אחת.

**2. בתחום העמידה בתדרים שונים**

- 2.1. פעולה ממושכת: המהפך יתפקד ברציפות בתחום התדרים שבין 47 Hz לבין 52 Hz ( $47 < f < 52$  Hz).
- 2.2. תדר מזערי: בתדר שווה או נמוך מ 47.0 Hz ( $f \leq 47$  Hz), המהפך יוריד את הספק הייצור ל 0 MW לאחר השהייה של 1 שנייה.
- 2.3. תדר מרבי: בתדר שווה או גבוה מ 52 Hz ( $f \geq 52$  Hz) המהפך יוריד את הספק הייצור ל 0 MW תוך כ- 0.2 שנייה.
- 2.4. עליית ייצור הספק פעיל וחיבור המהפך לאחר ניתוקו מרשת החשמל עקב פעולה תפעולית או הגנה אוטומטית, תתאפשר כאשר מתח הרשת נמצא בגבולות המתח המותרים, ותדר הרשת נמצא בין 47.0 הרץ לבין 50.1 הרץ ( $47 < f < 50.1$  Hz). לאחר ניתוק המהפך מהרשת, המהפך יחובר למערכת בהשהייה של 5 דקות (או פרק זמן אחר שייקבע ע"י ס"ח) כל עוד תנאי המתח והתדר המצוינים בסעיף זה מתקיימים.
- קצב עליית ההספק הפעיל לאחר חיבור המהפך, יהיה ניתן לכוונון בין 5% ל- 40% מההספק הנקוב לדקה. ערך ברירת מחזל הינו 20% מההספק הנקוב לדקה.
- 2.5. קצב שינוי התדר: המהפך יתפקד באופן רגיל בתחום קצבי שינוי תדר של עד 3 הרץ/שנייה.
- 2.6. תגובה לשינוי תדר (Frequency Response):
- א. המהפך יהיה בעל יכולת ויסות ראשוני של ההספק המיוצר, בהתאם לדיוק מדידה של  $\pm 0.01$  Hz או פחות. לצורך זה המהפך יצויד בווסת עומס-תדר או ווסת דומה המאפשר תגובה לשינוי התדר.
- ב. ויסות המהפכים:
- בתחום התדרים  $[(50 - DB_{UF}) < f < (50 + DB_{OF})]$  המהפך ייצר בהספק המירבי הזמין ( $P_{available}$ ) עד לגודל ההספק הנומינלי של המהפך.
  - בעליית תדר מעל 50 Hz המהפך יוריד את ההספק המיוצר.
  - בירידת תדר מתחת ל 50 Hz המהפך יעלה את ההספק המיוצר (בכפוף להספק הזמין).
  - המהפך יוריד/יעלה את ההספק המיוצר בהתאם לנוסחה הבאה:

כאשר התדר גבוה מ  $50\text{Hz} + DB_{OF}$ :

$$\Delta P = - \frac{P_{ref}}{R_{OF}} \cdot \frac{f - (50 + DB_{OF})}{50}$$

כאשר תדר נמוך מ  $50\text{Hz} - DB_{UF}$  וההספק הזמין גבוה יותר מ Pref:

$$\Delta P = - \frac{P_{ref}}{R_{UF}} \cdot \frac{f - (50 - DB_{UF})}{50}$$

בתנאי שהתדר נמצא בין הגבולות  $47.0 \text{ Hz} < f < 52 \text{ Hz}$ .

כאשר:

$\Delta P$  - שינוי ההספק בעקבות שינוי התדר.

$f$  - תדר המערכת בפועל (Hz)

$P_{available}$  - הספק זמין בהתאם לקרינת השמש ומצב המהפך.

$P_{ref}$  - הספק אקטיבי שמיוצר ע"י המהפך בעת חריגה מתחום ה DB.

$R_{OF}, R_{UF}$  - קבועי ויסות (droop).

5. ערך Dead Band ( $DB_{OF}, DB_{UF}$ ) ברירת מחדל הינו  $DB_{OF}=0.1$  Hz  $DB_{UF}=0.2$  Hz , או ערך

אחר בין 0 ל- 0.5 Hz שייקבע ע"י מנהל המערכת.

6. ערכי קבועי ויסות ראשוני Droop ייקבעו ל-3% ( $R_{OF}, R_{UF} = 0.03 p.u$ ) או ערך אחר בין 2%

ל- 5% שייקבע ע"י מנהל המערכת.

7. הערכים של Droop ו- Dead Band יהיו ניתנים לכוונון.

8. בקרת התדר של המהפך נדרשת לפעול באופן רציף ומייד.

9. זמן התגובה  $T_{Response90\%}$  להפרעה מסוג מדרגה, המוגדר כזמן שנדרש להגיע לערך של 90%

מהערך המתוכנן, כולל את זמן מדידת התדר, לא יעלה על 2 שניות עבור תדר יתר (OF), ולא

יעלה על 10 שניות עבור תת-תדר (UF).

### 3. המהפך יהיה בעל יכולת סנכרון לרשת בתנאים הבאים:

א. תדר במערכת בתחום  $47.0 \text{ Hz} < f < 52 \text{ Hz}$ .

ב. מתח נקודת החיבור לרשת בתחום מתחים המותר.

### 4. המהפך יהיה בעל יכולת, להשתתף בוויסות המתח במערכת ע"י:

א. מקדם הספק קבוע

ב. מקדם הספק כפונקציה של הספק אקטיבי

ג. הספק ריאקטיבי כפונקציה של מתח

ד. הספק אקטיבי כפונקציה של מתח

### 5. המהפך יהיה בעל יכולת לפעול בתחום מקדמי ההספק הבאים בנקודת החיבור לרשת:

עירור יתר (overexcited) מ-0.9 עד תת עירור (underexcited) 0.9

(  $\tan\phi = \pm 0.484$  ) מהספק הפעיל של המהפך

**6. על המהפך להתנתק מהרשת עם זיהוי מצב של אי חשמלי (Anti-Islanding Detection)****ובנוסף בהתאם לתנאים שלהלן:**

טבלה 1: ערך סף מתח (Passive anti-islanding voltage limits)

פונקצייה	כוונון ברירת מחדל	זמן השהייה	זמן מרבי לניתוק
תת-מתח 2 ( $U \ll$ )	30% $U_n$	2s	3s
תת-מתח 1 ( $U <$ )	85% $U_n$	10s	11s
מתח-יתר 1 ( $U >$ )	115% $U_n$	3s	4s
מתח-יתר 2 ( $U \gg$ )	120% $U_n$	-	0.2s

טבלה 2: ערך סף תדר (Passive anti-islanding frequency limits)

פונקצייה	כוונון ברירת מחדל	זמן השהייה	זמן מרבי לניתוק
תת-תדר ( $f <$ )	47 Hz	2s	3s
תדר-יתר ( $f >$ )	52 Hz	0.2s	0.4s

לאחר סילוק ההפרעה על המהפך לפעול בהתאם להנחיות שבסעיף 2.4.

**7. עמידת המהפכים בתקנים**

1. המהפך יעמוד בדרישות עבור הרמוניות לפי תקן ת"י 50160, עבור פליקרים (flicker) לפי תקן

IEC 61000-3-7 ובדרישות המוגדרות עבור מתקני PV.

2. על הלקוח להעביר מסמכי Test Report, Type Test ודף כיולים של המהפכים לסש"ח.

**חלק ב' : הנחיות לכוונון מהפכים פוטו-וולטאים**

**המחברים למתח גבוה**

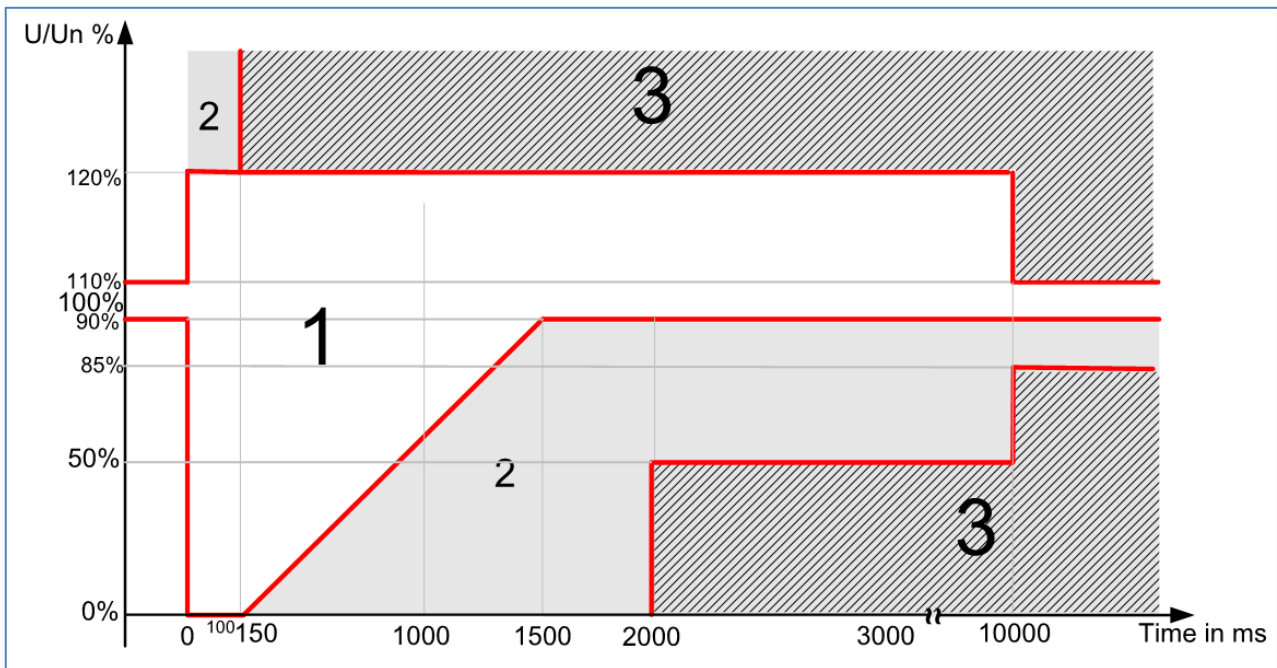
כל מהפך פוטו-וולטאי שיחובר לרשת מ"ג יעמוד בדרישות הבאות :

הערה: מהפך אשר יחובר למערכת מתח עליון/על יקבל את הדרישות וההנחיות ממנהל המערכת.

**1. בתחום העמידה במתחים שונים :**

א. מצב יציב - המהפך יתפקד ברציפות כאשר המתחים הינם בתחום המותר ( $U_n \pm 10\%$ ).

ב. מצב הפרעה - המהפך ימשיך לייצר במהלך ולאחר הפרעה ברשת, הגורמת לחריגת מתח, בהתאם לעקומת LVRT/HVRT (Low/High Voltage Ride Through) שלהלן:



**איור 2: עקומת HVRT/LVRT**

כאשר:

**אזור 1(\*)**: המהפך לא יתנתק מהרשת וימשיך לייצר.

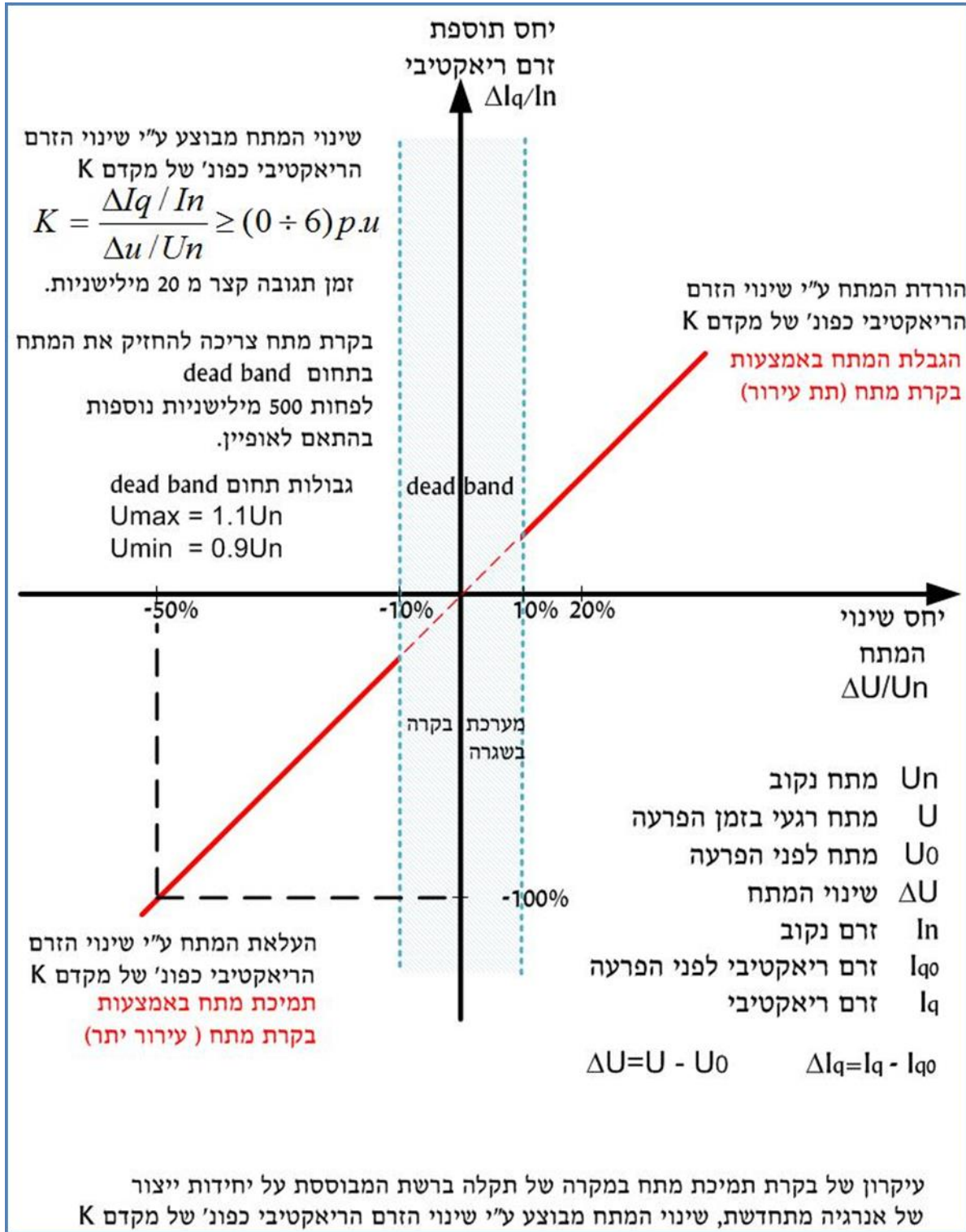
**אזור 2(\*)**: המהפך רשאי להפסיק להזרים אנרגיה לרשת.

**אזור 3(\*)**: המהפך מחויב להפסיק להזרים אנרגיה לרשת.

(\*) לאחר סילוק ההפרעה יש לחזור לערך של הזרם הפעיל שהמהפך יצר לפני ההפרעה. זמן התגובה  $T_{Response90\%}$  להפרעה מסוג מדרגה, המוגדר כזמן שנדרש להגיע לערך של 90% מהערך המתוכנן, לא יעלה על שנייה אחת.

2. תגובה דינמית של המהפך במצבי הפרעה בגבולות מתחים  $U < U_n - \Delta$  ,  $U > U_n + \Delta$ :

א. המהפך נדרש להיות בעל יכולת תמיכה דינמית ברשת החשמל באמצעות הזרמת זרם ריאקטיבי בעת מצבי הפרעה, בהתאם לגרף שלהלן:



איור 3: עיקרון תמיכה דינמית של המהפך

לדוג': מקדם  $K\text{-FACTOR} = 2$  מגדיר כי ביציאה מגבולות המתח המוגדרים – על כל ירידה של 1% במתח, יגדל הזרם הריאקטיבי שמוצא בתוספת של כ- 2% מהזרם הנומינלי.

- ב. בקרת המתח של המהפך נדרשת לפעול בתוך כ-20ms מחלוף זיהוי ההפרעה אלא אם יקבע אחרת על ידי סש"ח.
- ג. המהפך צריך לאפשר הזרמת זרם ריאקטיבי בערך של 100% מהזרם הנקוב במצבי הפרעה (וזאת בהתאם לתגובה הנדרשת – ראה איור 3).
- ד. לאחר חזרת המהפך לערכים תקנים של המתח, בקרת המתח תתמוך במתח לעוד כ- 500ms .
- ה. ברירת מחדל - ערך של מקדם K-FACTOR נקבע ל - 0.
- ו. במידה ולמהפך יכולת "Restricted dynamic network stability" ערך ה K יתואם מול סש"ח.
- ז. מקדם DEAD BAND ,K-FACTOR וכל אחד משני התחומים ( $U < U_n - \Delta$  ,  $U > U_n + \Delta$ ) יהיו ניתנים לכוונן ושינוי בהתאם לנחיות סש"ח.

## 3. דרישות מהיבט התדר:

## 3.1 בתחום העמידה בתדרים שונים :

- א. פעולה ממושכת: המהפך יתפקד ברציפות בתחום התדרים שבין 47 Hz לבין 52 Hz ( $47 < f < 52$ ).
- ב. תדר מזערי: בתדר שווה או נמוך מ 47.0 Hz ( $f \leq 47$ ), המהפך יוריד את הספק הייצור ל 0 MW לאחר השהייה של 1 שנייה.
- ג. תדר מרבי: בתדר שווה או גבוה מ 52 Hz ( $f \geq 52$ ) המהפך יוריד את הספק הייצור ל 0 MW תוך כ- 0.2 שנייה.

ד. חיבור המהפך לאחר ניתוקו ועליית ייצור הספק הפעיל, יתבצע בהתאם לסעיף 8.

ה. קצב שינוי התדר: המהפך יתפקד באופן רגיל בתחום קצבי שינוי תדר של עד 3 הרץ/שנייה.

## 3.2 תגובה לשינוי תדר (Frequency Response):

- א. המהפך יהיה בעל יכולת ויסות ראשוני של ההספק המיוצר, בהתאם לדיוק מדידה של  $\pm 0.01$  Hz או פחות. לצורך זה המהפך יצויד בווסת עומס-תדר או ווסת דומה המאפשר תגובה לשינוי התדר.
- ב. מנהל המערכת יקבע את משטר ההפעלה של המתקן ע"י בקרה מרחוק :

1. משטר הפעלה בסיסי – LFSM (Limited Frequency Sensitive Mode)

2. משטר הפעלה רגיש לשינויי תדר – FSM (Frequency Sensitive Mode)

**ג. ויסות המהפכים במשטר הפעלה בסיסי – LFSM (Limited Frequency Sensitive Mode):**

- בתחום התדרים  $[ (50 - DB_{UF}) < f < (50 + DB_{OF}) ]$  המהפך ייצר בהספק המירבי הזמין עד לגודל ההספק הנומינלי של המהפך או בהתאם ל  $P_{setpoint}$  שייקבע ע"י מנהל המערכת.
- בעליית תדר מעל 50 Hz המהפך יוריד את ההספק המיוצר.
- בירידת תדר מתחת ל 50 Hz המהפך יעלה את ההספק המיוצר (בכפוף להספק הזמין).
- המהפך יוריד/יעלה את ההספק המיוצר בהתאם לנוסחה הבאה:

כאשר תדר גבוה מ  $50\text{Hz} + DB_{OF}$ :

$$\Delta P = - \frac{P_{ref}}{R_{OF}} \cdot \frac{f - (50 + DB_{OF})}{50}$$

כאשר תדר נמוך מ  $50\text{Hz} - DB_{UF}$ :

$$\Delta P = - \frac{P_{ref}}{R_{UF}} \cdot \frac{f - (50 - DB_{UF})}{50}$$

בתנאי שהתדר נמצא בין הגבולות  $47.0 \text{ Hz} < f < 52 \text{ Hz}$ .

כאשר:

$\Delta P$  - שינוי ההספק בעקבות שינוי התדר.

$f$  - תדר המערכת בפועל (Hz)



$P_{available}$  - הספק זמין בהתאם לקרינת השמש ומצב המהפך.

$R_{UF}, R_{OF}$  - קבועי ויסות (droop).

$P_{ref}$  - הספק אקטיבי שמיוצר ע"י המהפך בעת חריגה מתחום ה DB.

$P_{setpoint}$  - הספק עבודה של המהפך בנקודת חיבור המהפך.

5. ערך Dead Band ( $DB_{OF}, DB_{UF}$ ) ברירת מחדל הינו  $DB_{OF}=0.1\text{ Hz}$   $DB_{UF}=0.2\text{ Hz}$ , או ערך

אחר בין 0 ל- 0.2 Hz שייקבע ע"י מנהל המערכת.

6. ערכי קבועי ויסות ראשוני Droop ייקבעו ל-3% ( $R_{UF}, R_{OF} = 0.03\text{ p.u}$ ) או ערך אחר בין 2%

ל- 5% שייקבע ע"י מנהל המערכת.

7. הערכים של Droop ו- Dead Band יהיו ניתנים לכוונון.

8. בקרת התדר של המהפך נדרשת לפעול באופן רציף ומייד.

9. זמן התגובה  $T_{Response90\%}$  להפרעה מסוג מזרעה, המוגדר כזמן שנדרש להגיע לערך של 90%

מהערך המתוכנן, כולל את זמן מדידת התדר, לא יעלה על 2 שניות.

10. המהפך יאפשר ויסות הספק הייצור הפעיל, לכל אורך שעות היממה בהתאם ליכולת המהפך וההספק

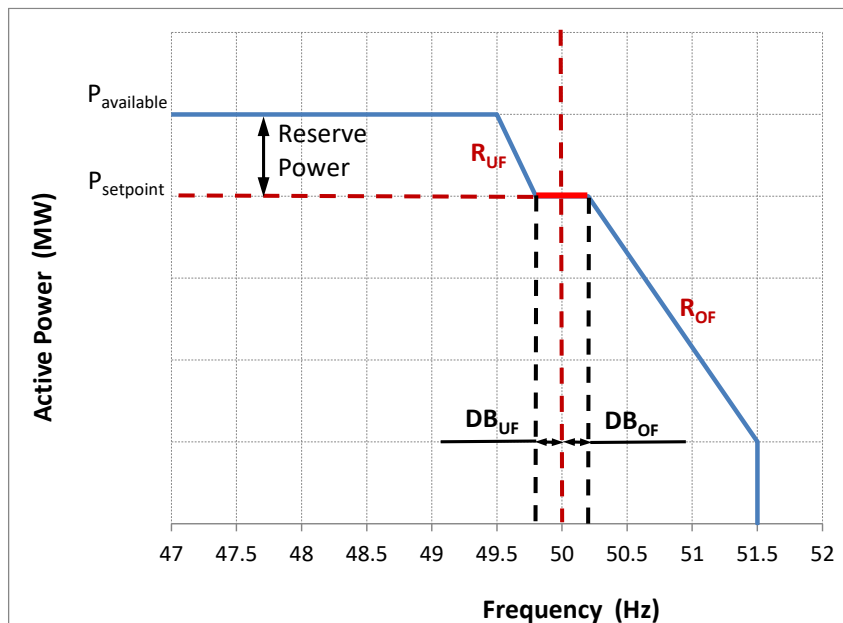
הזמין, בעזרת קביעת נקודת עבודה Psetpoint למתקן שתיקבע על ידי מנהל המערכת וס"ח

בהתאם להספק הרזרבי:

RESERVE POWER - RP - הספק רזרבי שהמתקן נדרש לשמור, בהתאם לדרישות מנהל

המערכת -  $P_{available} - P_{setpoint}$

ראה בדוגמא שלהלן:



איור 4: דוגמא של אופיין ויסות תדר

יובהר כי: רמות ההספק, קבועי ויסות ותדר המסומנות ייקבעו על ידי ס"ח ומנהל המערכת

בשלב התיאום הטכני של המתקן, הערכים המסומנים באיור 4 משמשים לדוגמה בלבד.

**ד. ויסות המהפכים במשטר הפעלה רגיש לשינויי תדר :FSM – Frequency Sensitive Mode**

במשטר הפעלה FSM המהפך יאפשר תגובה רציפה לתדר Dead Band=0.

משטר הפעלה של FSM ייקבע ע"י שליטה מרחוק בהתאם להנחיית מנהל המערכת, ובכפוף להסדרה רגולטורית שתיקבע בעתיד.

4. המהפך יעמוד בדרישות עבור הרמוניות לפי תקן ת"י 50160, עבור פליקרים (flicker) לפי תקן IEC 61000-3-7 ובדרישות המוגדרות עבור מתקני PV.

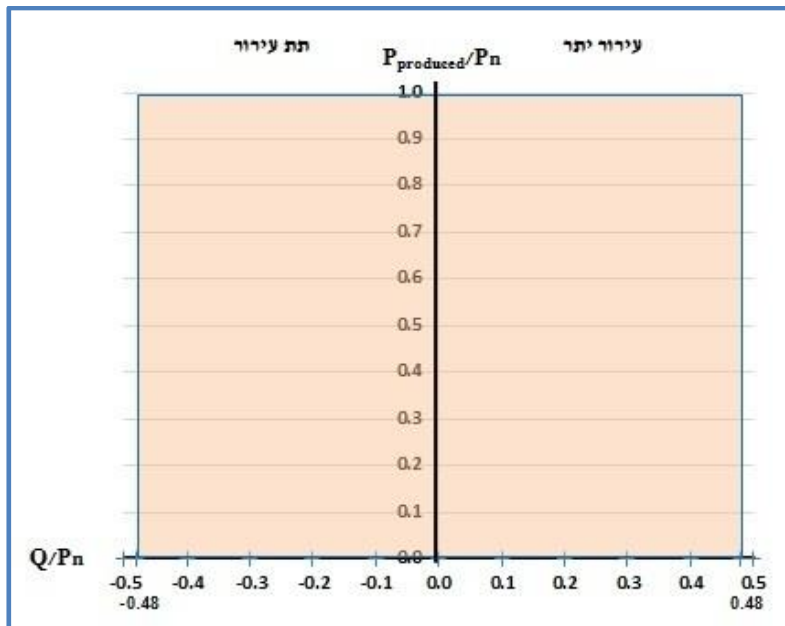
5. המהפך יהיה בעל יכולת סנכרון לרשת בתנאים הבאים:

א. תדר במערכת בתחום  $47 \text{ Hz} < f < 52 \text{ Hz}$ .

ב. מתח נקודת החיבור לרשת בתחום מתחים המותר.

6. המהפך יהיה בעל יכולת לפעול בתחום מקדמי ההספק הבאים בנקודת החיבור לרשת:

א. במשטר "עירור יתר" (overexcited) ו"תת עירור" (underexcited) – בטווח של בין ל  $(-0.43 * S_{nom}) \text{ kvar}$  לבין  $(+0.43 * S_{nom}) \text{ kvar}$ .  
 כאשר 'S<sub>nom</sub>'- הספק נקוב של מהפך  
 להלן גרף P/Q המשקף זאת:



איור 5: גרף P/Q של המהפך

ב. המהפך יהיה בעל יכולת לספק הספק ריאקטיבי גם בשעות החשכה ובכל שעות היממה וללא התנייה בהספק הפעיל המיוצר.

7. על המהפך להתנתק מהרשת עם זיהוי מצב של אי חשמלי (Anti-Islanding Detection) בהתאם לתנאים שלהלן:

טבלה 3: ערך סף מתח (Passive anti-islanding voltage limits)

פונקצייה	כוונון ברירת מחדל	זמן השהייה	זמן מרבי לניתוק
תת-מתח 2 ( $U \ll$ )	30% $U_n$	2s	3s
תת-מתח 1 ( $U <$ )	85% $U_n$	10s	11s
מתח-יתר 1 ( $U >$ )	110% $U_n$	15s	16s
מתח-יתר 2 ( $U \gg$ )	120% $U_n$	-	0.2s

טבלה 4: ערך סף תדר (Passive anti-islanding frequency limits)

פונקצייה	כוונון ברירת מחדל	זמן השהייה	זמן מרבי לניתוק
תת-תדר ( $f <$ )	47 Hz	2s	3s
תדר-יתר ( $f >$ )	52 Hz	0.2s	0.4s

לאחר סילוק ההפרעה על המהפך לפעול בהתאם להנחיות שבסעיף 8.

(\* יובהר כי במתקן המחובר לרשת מ"ג של ש"ח, תותקן בנוסף הגנת L.O.M במפסק הראשי של מתקן הייצור.

8. תנאי חיבור המהפך לרשת:

חיבור המהפך לאחר ניתוקו מרשת החשמל עקב פעולה תפעולית או הגנה אוטומטית, יתאפשר כאשר מתח הרשת נמצא בגבולות המתח המותרים, ותדר הרשת נמצא בין 47.0 הרץ לבין 50.1 הרץ ( $47 < f < 50.1$  Hz). לאחר ניתוק המהפך מהרשת, המהפך יחובר למערכת בהשהיה של 5 דקות (או פרק זמן אחר שייקבע ע"י ש"ח) כל עוד תנאי המתח והתדר המצוינים בסעיף זה מתקיימים. קצב עליית ההספק הפעיל לאחר חיבור המהפך או לאחר חזרת המהפך לייצר הספק פעיל, יהיה ניתן לכוונון ע"י מנהל המערכת ולא יותר מ- 40% ולא פחות מ- 10% מההספק הנקוב לדקה. ערך ברירת המחדל הינו 20% מההספק הנקוב לדקה.

9. המהפך יהיה בעל יכולת, להשתתף בוויסות המתח במערכת ע"י:

א. מקדם הספק קבוע

ב. מקדם הספק כפונקציה של הספק אקטיבי

ג. הספק ריאקטיבי קבוע

ד. הספק ריאקטיבי כפונקציה של מתח

המהפך יהיה בעל יכולת שינוי מרחוק של מוד הבקרה ושל ערך הנדרש של פרמטר הבקרה עד לגבול המשקף את תחום ההספק הריאקטיבי המפורט בסעיף 6.

במידת הצורך, מנהל המערכת רשאי לדרוש פונקציית בקרה אחרת.

- 10.** עמידת המהפכים בתקנים בינלאומיים  
על המהפכים (inverter) לעמוד בתקנים בינלאומיים.  
על הלקוח להעביר מסמכי Test Report, Type Test ודף כיולים של המהפכים לסש"ח.
- 11.** המהפך נדרש להיות מקושר למערכת בקרה כללית של המתקן, אשר תתממשק למערכת ה ADMS העתידית בהתאם להנחיות סש"ח.
- 12.** מהפכים שישולבו עם אגירה : יהיו בהתאם לדרישות מנהל המערכת וסש"ח – יש לפנות למנהל המערכת וסש"ח בנושא.