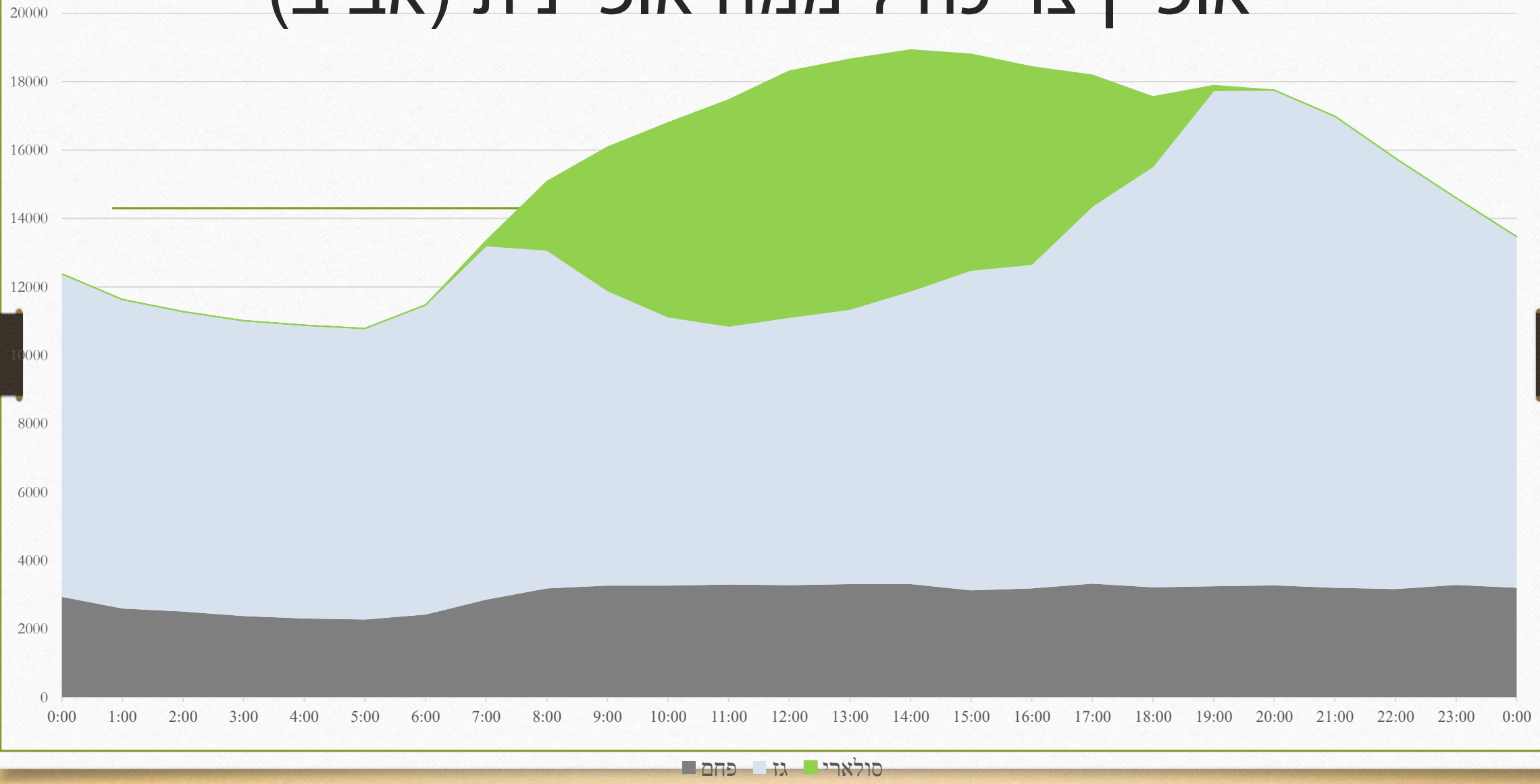


שילוב ובקרה של מערכות אנרגיה מתחדשות

מיכאל רוטניצקי

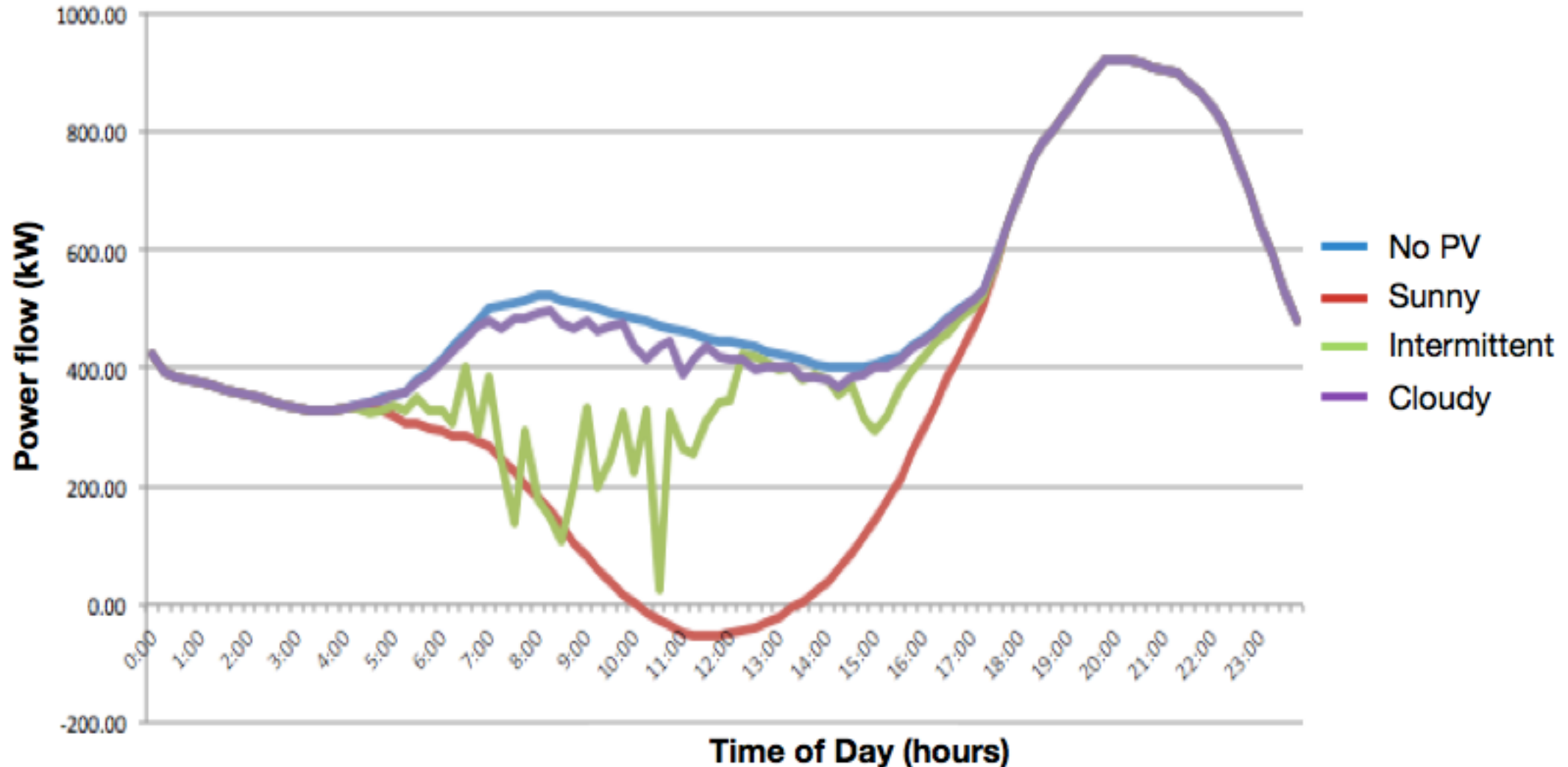
יאני בע"מ חברה להנדסת חשמל

אופיין צריכה ליממה (אביב)

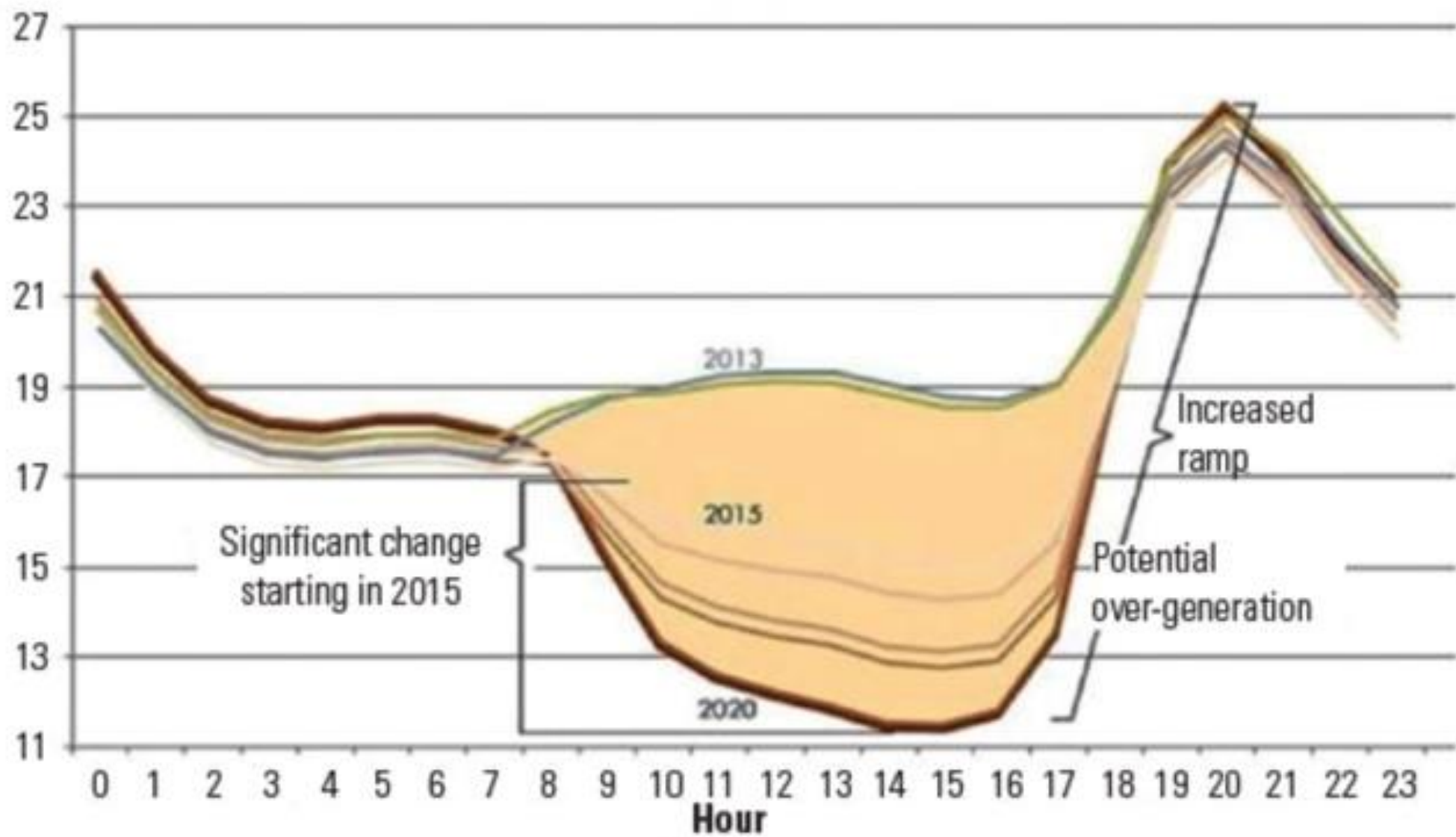


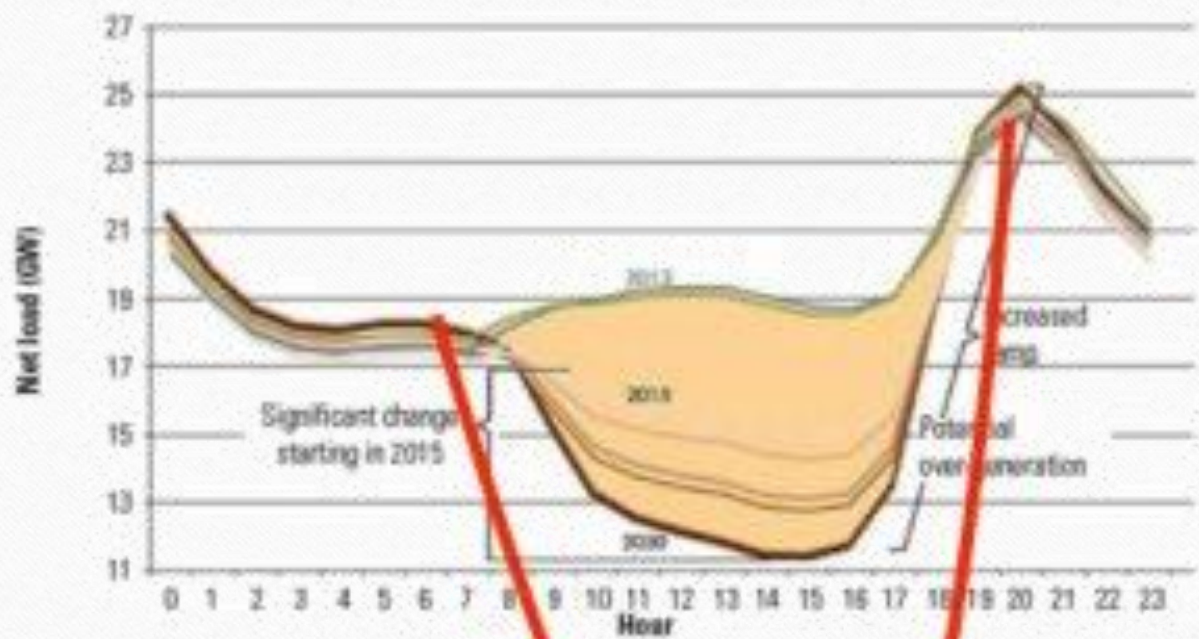
אופיין צריכה ליממה אופיינית (אביב) ברמת קו מתח גבוה

Power flow at start of feeder with various Solar Radiation



Net load (GW)





אתגרים ברמת הפיקוח הארצי

- עודף גנרציה
- חוסר גנרציה
- יציבות מתח על פסי הצבירה
- חוסר אנרגיה ריאקטיבית במערכת

אתגרים ברמת הפיקוח האזורי

- יציבות אספקה לצרכנים
- אמינות חיבור ליצרנים המחזברים במתח גבוה
- מניעת עומס יתר בקווים
- מניעת עומס יתר בשנאים
- הגבלת הספק מוצא עקב עומס יתר במערכת מתח עליון

דרישות חח"י ברמת המתקן הבודד

2.11 הגנות המתקן ועל המתקן:

מתקן מתח עליון:

- א. להיות מצויד בהגנות בהתאם לתקנים רלוונטיים.
- ב. להיות מצויד בהגנות שפעולתן תהיה מתואמת עם ההגנות הקיימות במסדר ועם ההגנות הקיימות ברשת.
- ג. להבטיח הגנת מתקן הייצור נגד תקלות בתחום המתקן.
- ד. להבטיח הגנת מתקן הייצור נגד תקלות ברשת, שלא סולקו ע"י ההגנות המותקנות במסדר מתח עליון או מתח על של מתקן הייצור.
- ה. לכלול לפחות הגנות תת-תדר/ תדר יתר, תת-מתח/ מתח יתר, זרם יתר והגנה לזיהוי מצב של אי (תחומי פעילות יסוכמו בהמשך).

דרישות חח"י ברמת המתקן הבודד

מתקן מתח עליון:

- א. פעולה ממושכת: המתקן יתפקד ברציפות בתחום התדרים שבין 47 Hz לבין 51.5 Hz ($47 < f < 51.5 \text{ Hz}$).
- ב. תדר מזערי: המתקן יוריד את הספק הייצור ל- 0 MW בתדר שווה או נמוך מ- 47.0 Hz ($f \leq 47 \text{ Hz}$), ולאחר השתייה של 1 שנייה.
- ג. תדר מרבי: המתקן יוריד את הספק הייצור ל 0 MW בתדר שווה או גבוה מ 51.5 Hz ($f \geq 51.5 \text{ Hz}$), תוך כ- 0.2 שנייה.
- ד. אם התדר עולה מעל 51.5 Hz והמתקן מתנתק, הוא יישאר מנותק עד שהתדר יירד בחזרה מתחת ל - 50.1 Hz. זמן השתייה עד לחיבור יהיה 5 דקות או פרק זמן אחר ע"פ הנחיית מנהל המערכת. לאחר החיבור, ההספק הפעיל של המתקן יעלה בקצב הניתן לכוונון ולא יותר מ 10% מההספק הנקוב לדקה .
- ה. קצב שינוי התדר: המתקן יתפקד באופן רגיל בתחום קצבי שינוי תדר של עד 3 הרץ/שנייה.

דרישות חח"י ברמת המתקן הבודד

מתקן מתח עליון:

1. מתקן הייצור יהיה בעל יכולת ויסות ראשוני של ההספק המיוצר, בהתאם לדיוק מדידה של ± 0.01 Hz או פחות. לצורך זה המתקן יצויד בווסת עומס-תדר או ווסת דומה המאפשר תגובה לשינוי התדר. ערך של אופיין הווסת הראשוני ייקבע ל-3% (DROOP=3%) או ערך בין 3% ל 5% שייקבע בתיאום עם מנהל המערכת, עבור תחום תדר מ- 50.2 Hz עד 51.5 Hz המתקן יתאים את הספקו באופן יחסי בהתאם לקבוע ויסות מהירות (DROOP).

ההספק המיוצר בהתאם לעקומת התדר/הספק יחושב מההספק הזמין בהתאם לנוסחה הבאה:

$$\Delta P = -\frac{P_{available}}{R} \cdot \frac{f - 50.2Hz}{f_{base}}$$

דרישות חח"י ברמת המתקן הבודד

מתקן מתח עליון:

2.9 המתקן יהיה בעל יכולת, להשתתף בוויסות המתח במערכת באופנים הבאים:

א. הספק ריאקטיבי קבוע

ב. הספק ריאקטיבי כפונקציה של המתח

ג. מקדם הספק קבוע

ד. מתח קבוע בנקודת חיבור

מתקן הייצור יהיה בעל יכולת שינוי מרחוק של סוג הבקרה ושל הערך הנדרש של פרמטר הבקרה עד לגבול המשקף את גורם ההספק לפי סעיף 2.5.א.

במידת הצורך, מנהל המערכת רשאי לדרוש פונקציית בקרה אחרת. בתיאום הטכני יתואם סוג הבקרה בשגרה.

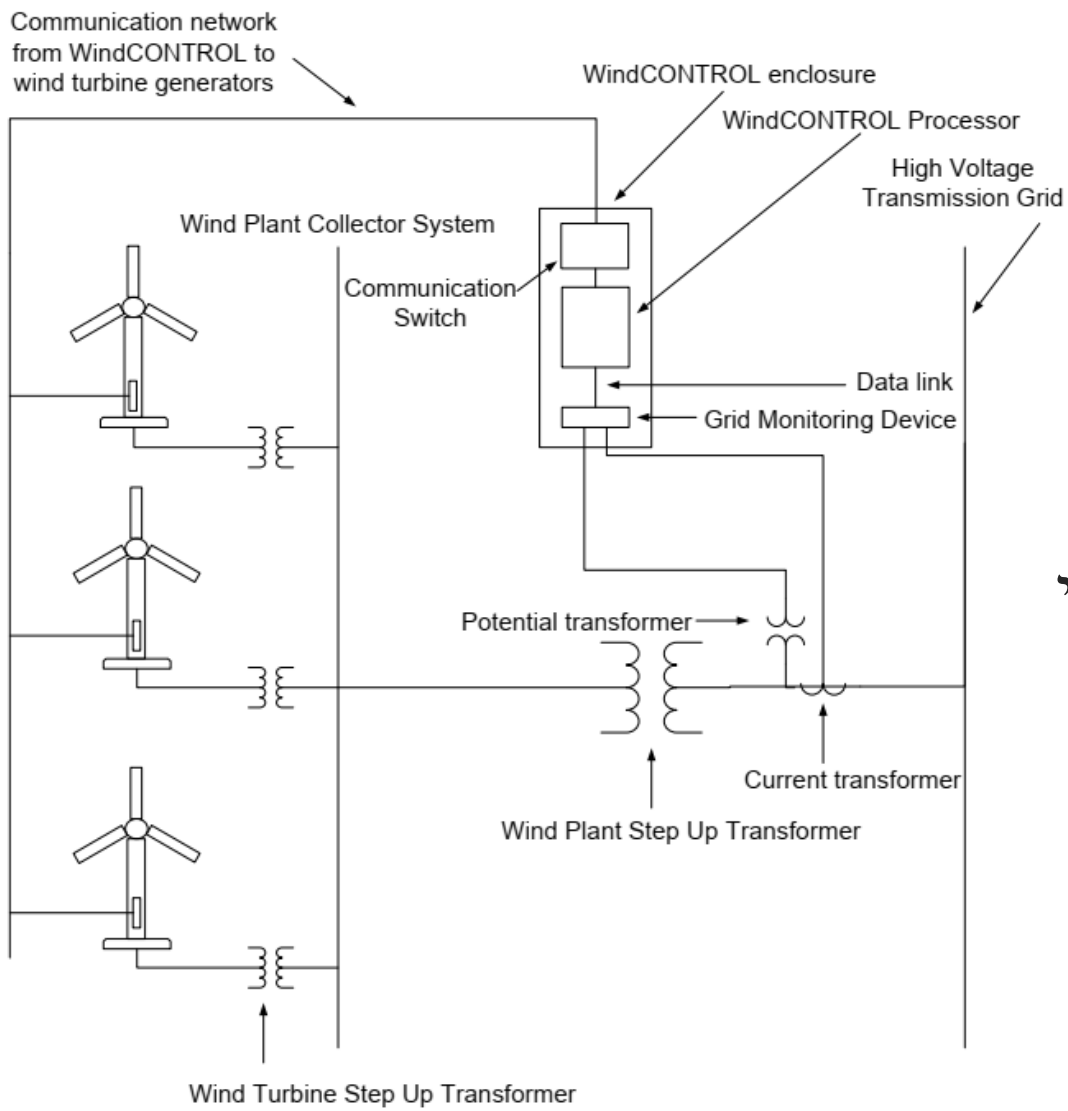
2.10 מתקן הייצור יאפשר ויסות הספק אקטיבי, ע"י מנהל המערכת באמצעות פיקוד מרחוק.

דרישות חח"י ברמת המתקן הבודד

מתקן מתח גבוה:

• פיקודים:

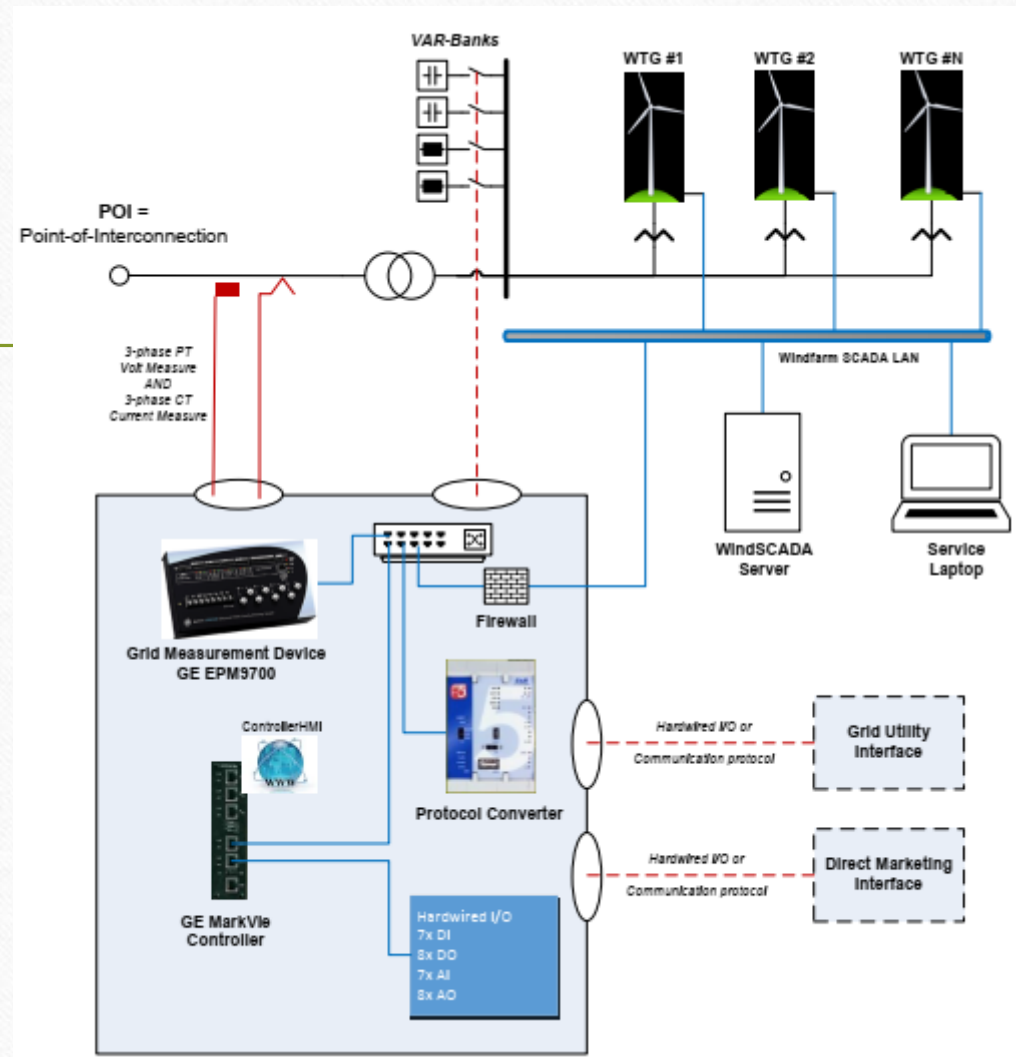
- הפסקה של מפסק הזרם הראשי של מתקן הייצור בהתאם לנוהל חיבור יצרנים.
- נעילה של מפסק הזרם הראשי לאחר הפסקה כך שלא ניתן יהיה לסגור אותו.
- פיקוד (הפעלה/הפסקה) של מפסק סוללת הקבלים.
- בקרה על מקדם ההספק.
- בקרה על שינוי ההספק האקטיבי.

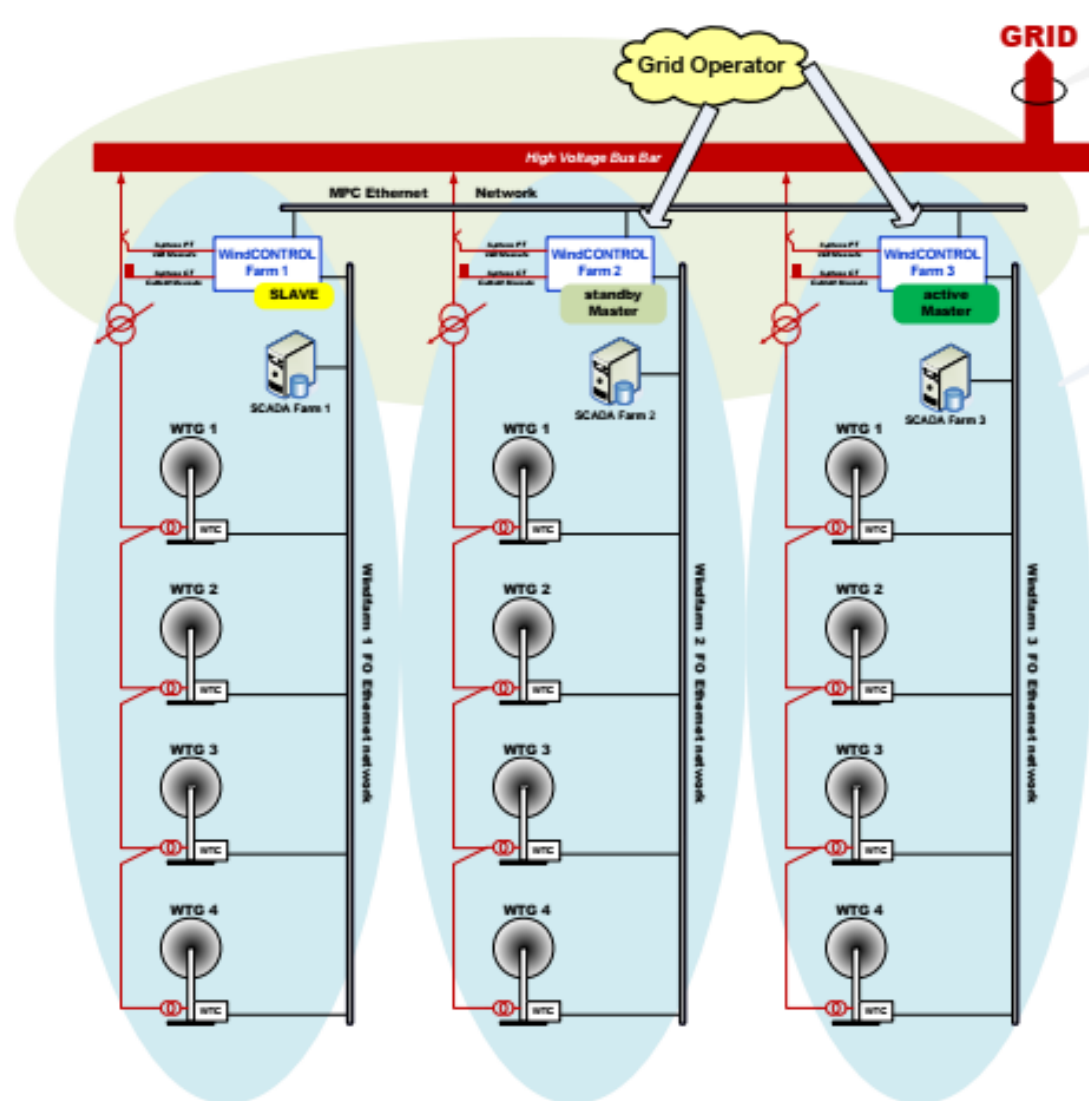
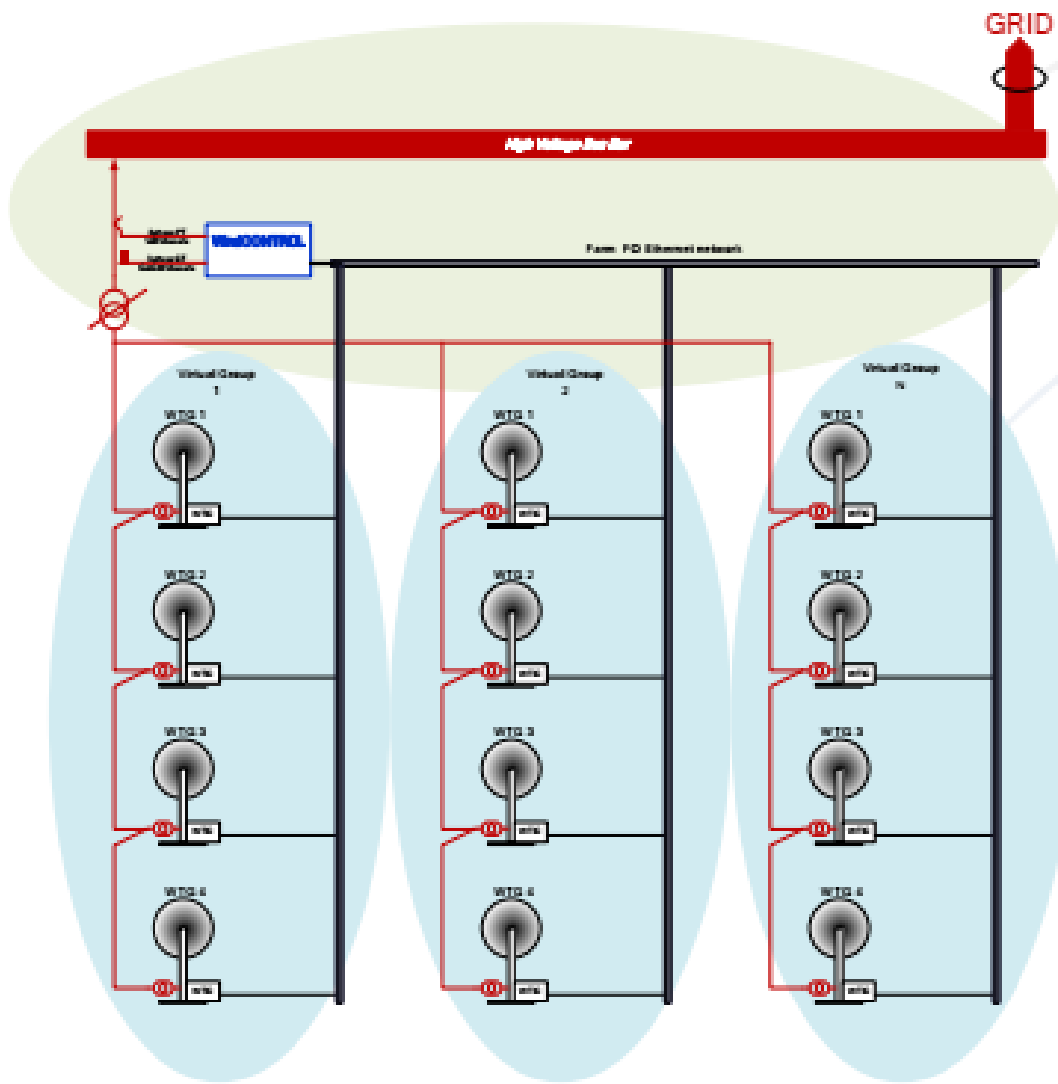


- התקנת אמצעי מדידה בנקודת החיבור לרשת
- מדידת הספק אקטיבי, תדירות רשת, מתח פסי צבירה, מקדם הספק

control functions

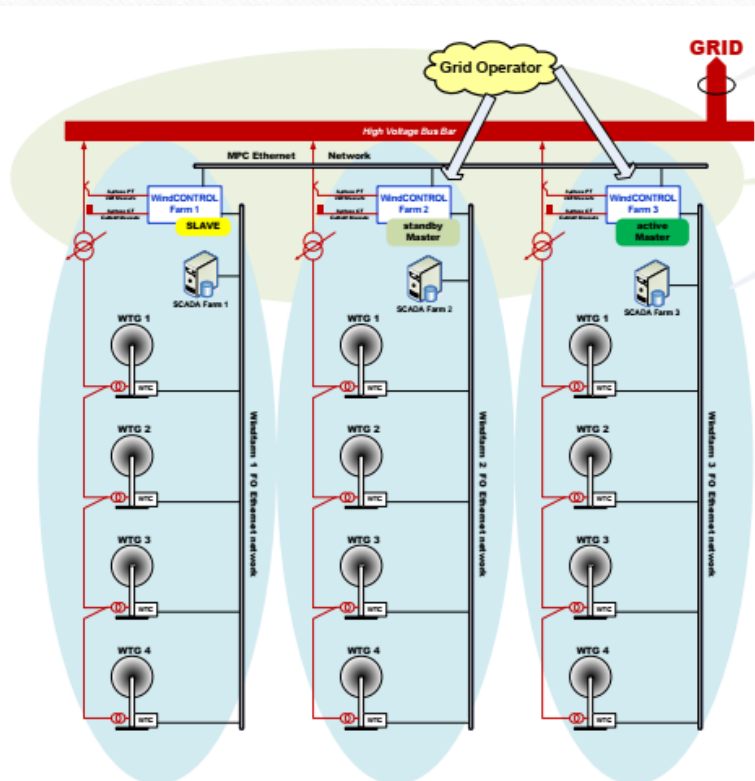
- Maximum power limits (Power Curtailment)
- Power-frequency droop
- Power ramp rate limits
- Controlled startup/shutdown
- Voltage Regulation
- VAR Regulation
- Power Factor Regulation
- Integrated capacitor/reactor bank control
- Line drop and voltage droop compensation for the voltage regulator





שליטה על אתר מבוזר

MULTI PLANT COORDINATION



- שליטה פרטנית על כל מקבץ עם חיבור מתח גבוה

- הגבלת הספק מוצא ברמת קו מתח גבוה

- קביעת מקדם ההספק

- שליטה על מקבצים כאתר אחד

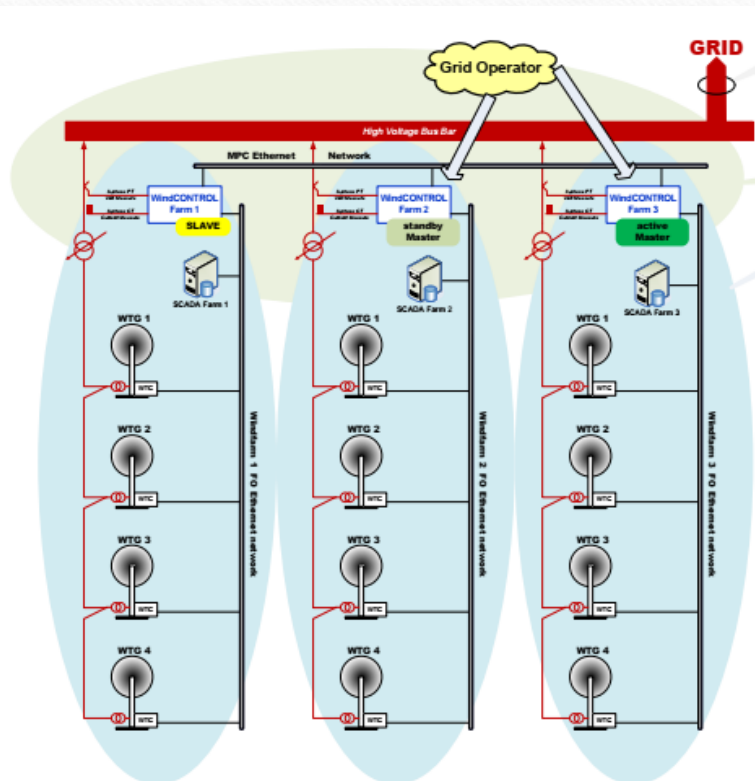
- הגבלת הספק ברמת האתר המבוזר (תחמ"ש)

- קביעת מקדם הספק

- שליטה על מתח פסי צבירה

שליטה על אתר מבוזר

MULTI PLANT COORDINATION



- שליטה של סש"ח דרך ממשק משותף / ממשקים מרובים
- יתירות – במקרה של כשל שליטה מלאה על האתר דרך מקבץ בודד
- שליטה מרכזית על מקדם הספק ו/או אנרגיה ריאקטיבית
- הגבלת הספק ברמת התחמ"ש / קו הולכה באמצעות נק' שליטה מרכזית

שאלות ?

תודה רבה