

מאז
את ישראל
כבר
95
שנה

אזק קל נסג
חברת החשמל



**מדיניות
שמירת
רזרבה
סובבת
במערכות
הספק**

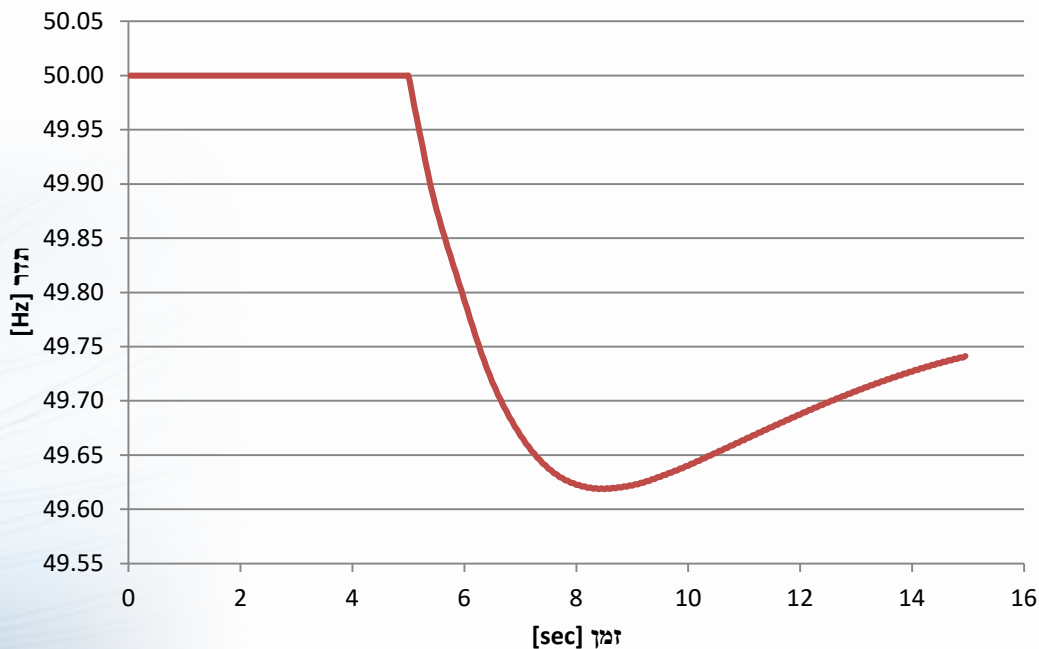
דוד כרמון
אילת 2018

- משק החשמל בעולם בכלל ובמדינת ישראל בפרט הינו דינמי ומשתנה מרגע לרגע.
- מדינת ישראל הינה אי חשמלי שאינו מחובר לשכנותיה ומערכת החשמל בה קטנה יחסית.
- כל שינוי מצד ספקי או צרכני האנרגיה מורגש ומחייב תגובה מיידית.
- אי עמידה בדרישה זו עלול לגרום לחריגות בערכי הפרמטרים הקבועים ע"פ תקנים, ביציבותה של מערכת החשמל ואף לפגיעה באספקת החשמל הסדירה.

- לצורך תפעול שוטף של מערכת חשמל, מקובל לשמור על הזרבות (יכולת ייצור נוספת) מסוגים שונים, בכדי שיתנו מענה לשינויים בצריכת האנרגיה בשגרה ולשינויים שייגרמו עקב הפרעות במערכת החשמל.
- הזרבה מוגדרת כהפרש בין סה"כ ההספק הזמין ביחידות הייצור המחוברות למערכת ההספק לבין סה"כ ההספקים שיחידות הייצור מספקות באותו הרגע.

- כאשר מתרחשת הפרעת תדר, אם הרזרבה הסובבת אינה מספקת, תדר המערכת יתדרדר ועלול לפגוע ביציבותה ובאספקת החשמל לצרכניה.

התנהגות תדר המערכת בזמן הפרעה



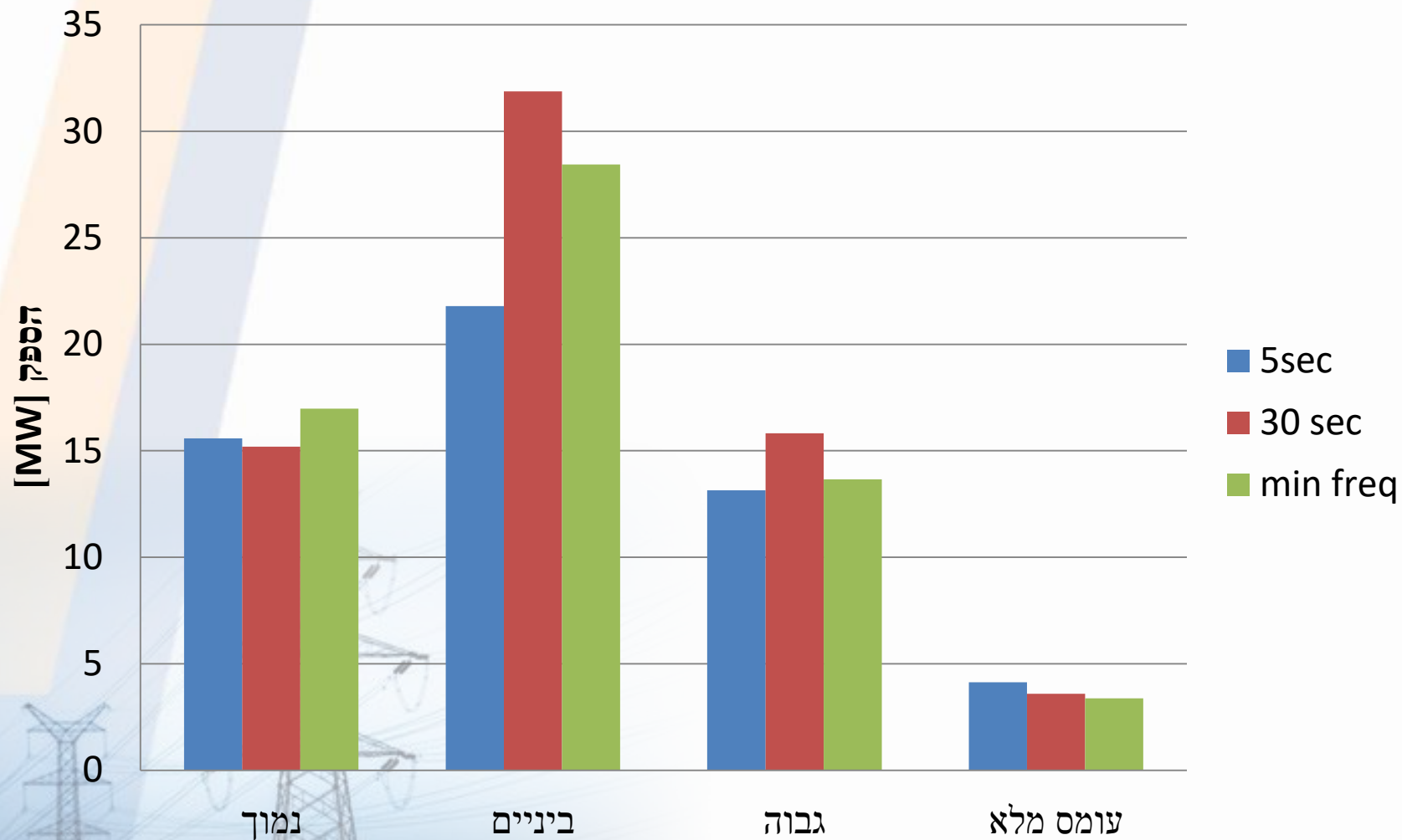
- היקף הרזרבה הסובבת הדרושה למערכת חשמל מסוימת תלוי במספר גורמים ביניהם:
 - גודלה של מערכת החשמל.
 - סוגם ומצבם התפעולי של יחידות היצור המחוברות אליה.
 - אופי הצרכנות המחוברת אליה.
 - התדר המינימלי הרצוי במערכת.
- יחידות היצור המשתתפות בשמירת הרזרבה והעמסתן נקבעות בד"כ ע"פ שיקולים כלכליים.

- בעשור האחרון, חלו שינויים רבים במשק החשמל במדינת ישראל:
 - הביקוש גדל (יותר מ-30%).
 - הרכב יחידות היצור השתנה (יצרנים פרטיים, כניסת הגז הטבעי).
 - התפתחות שוק האנרגיות המתחדשות (בעיקר PV).
- **שינויים אלו מחייבים בדיקה מחדש של ההוראות הקיימות כיום לשמירת רזרבה סובבת ומיידית לצורך התמודדות עם מצבי הפרעה הנוצרים כתוצאה מהפסקת יחידת יצור.**

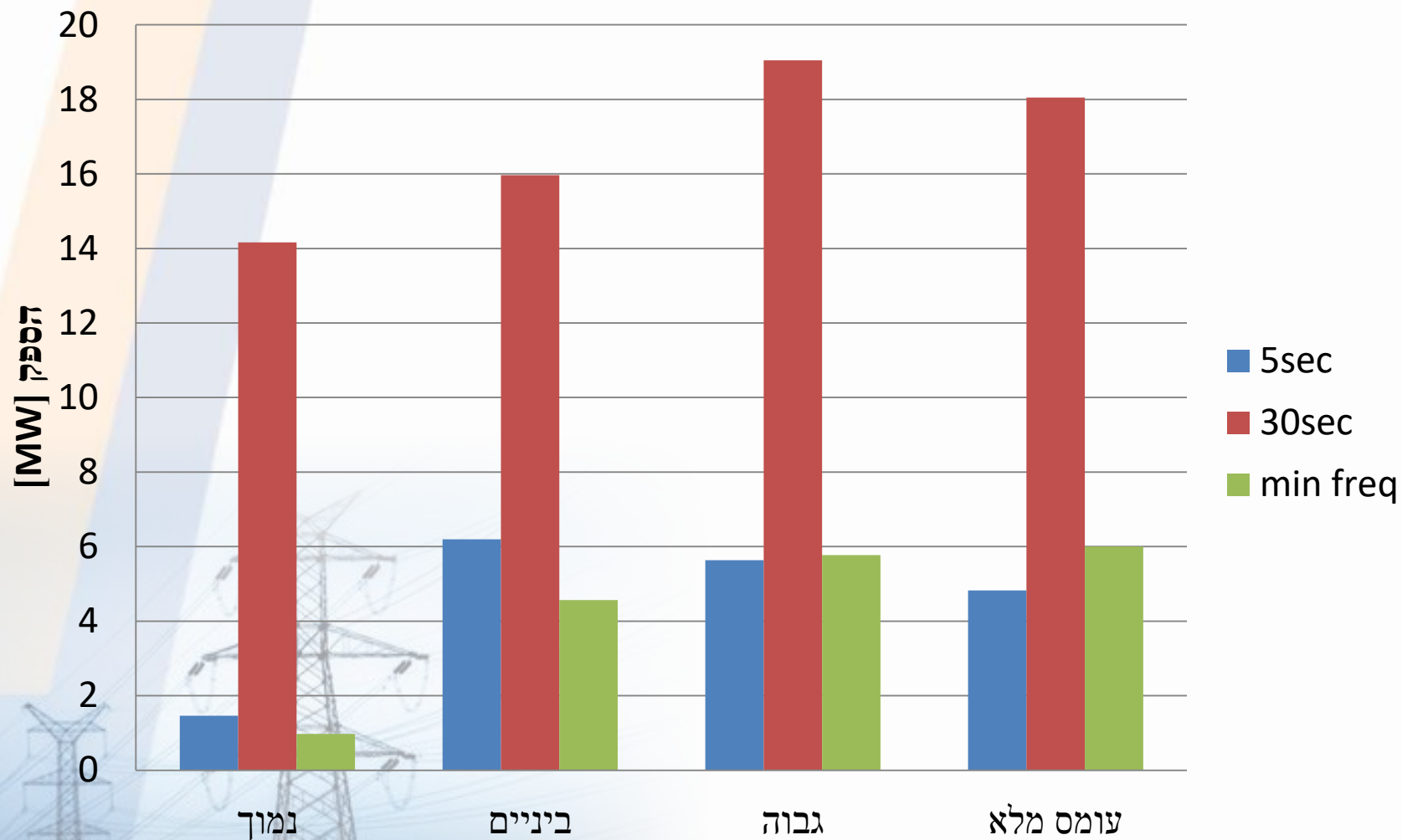
- עבודת המחקר בוצעה במסגרת לימודי תואר שני בחשמל.
- מטרת עבודה היתה לבדוק את השפעת גודל הרזרבה הסובבת ואופן חלוקתה בין יחידות היצור השונות על התנהגות מערכת החשמל בזמן הפרעת תדר.
- בהתאם לתוצאות, גובשו המלצות לשיפור תגובת המערכת בזמן הפרעה ובוצעה בדיקת המשמעות הכלכלית של המלצות אלו.

- בסיס הנתונים נבנה על סמך כ-100 הפרעות תדר שתרחושו במדינת ישראל.
- בכל הפרעת תדר, נרשמו תגובות יחידות הייצור כעבור:
 - 5 שניות.
 - 30 שניות.
 - בזמן בו התדר הגיע לערכו המינימלי.
- התגובות סוגו עפ"י תחומי עבודה שונים, בתלות בהיקף עבודת מתקני העזר (משאבות מי הזנה, מדלקות בדוד, מטחנות ועוד).
- הנתונים המוצגים מסווגים ע"פ טכנולוגיות יצור:
 - יחידות יצור קיטוריות המוסקות בפחם (3 סוגים).
 - יחידות יצור קיטוריות המוסקות בגז (2 סוגים).
 - יחידות יצור מסוג טורבינות גז (3 סוגים).
 - יחידות יצור מסוג מחז"מ (3 סוגים).

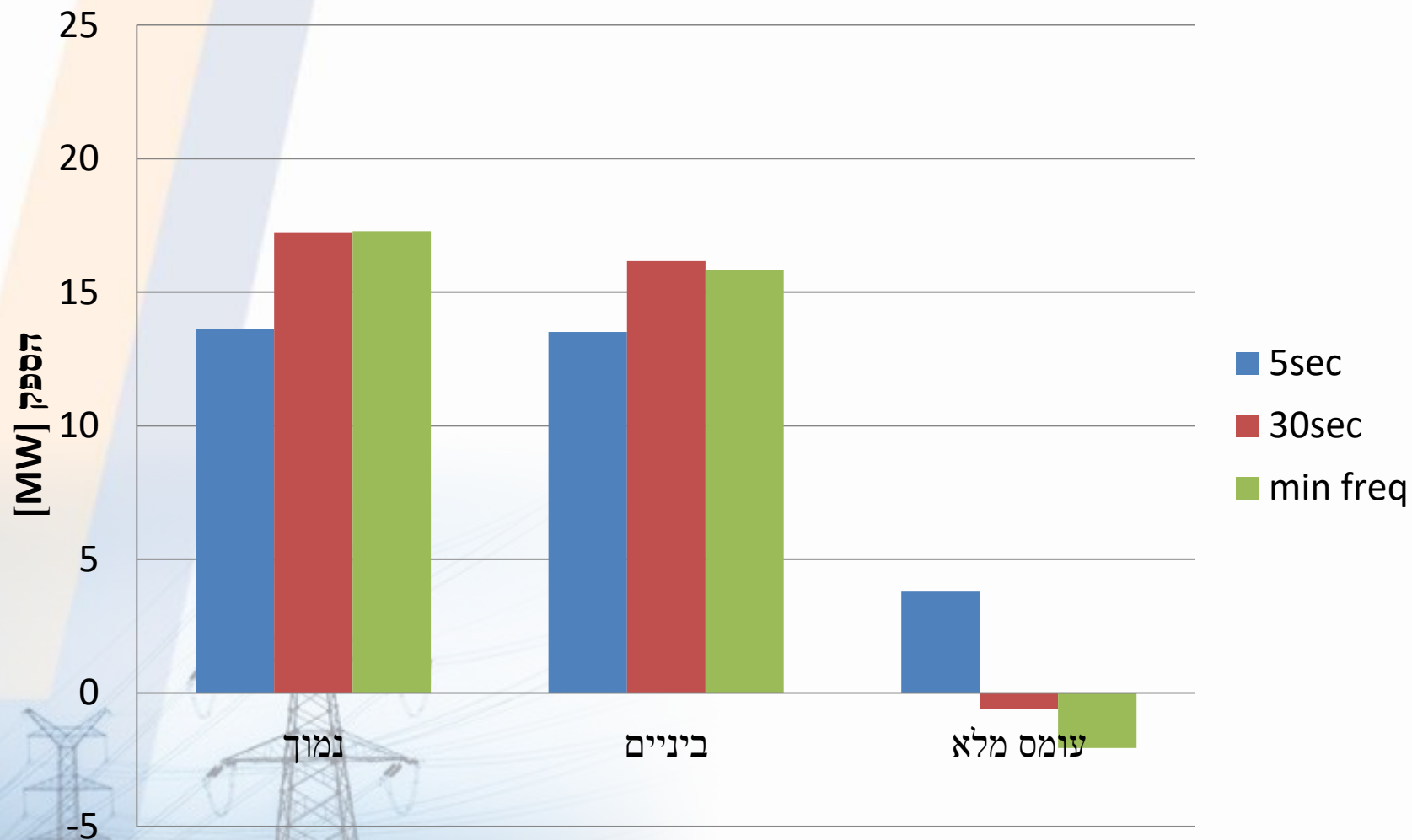
תגובת יחידות יצור קיטוריות המוסקות בפחם מסוג 1



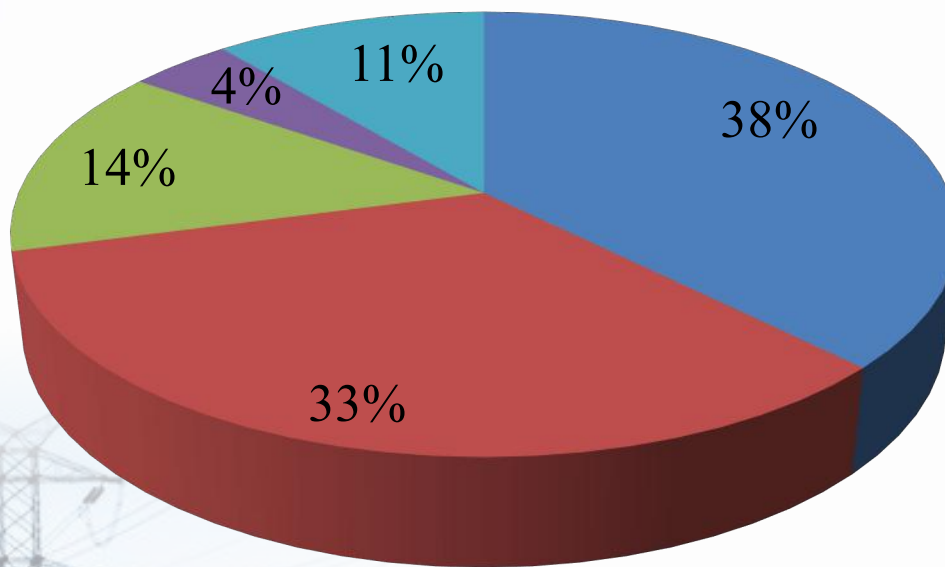
תגובת יחידות יצור קיטוריות המוסקות בפחם מסוג 3



תגובת יחידות יצור מחז"מ מסוג 1



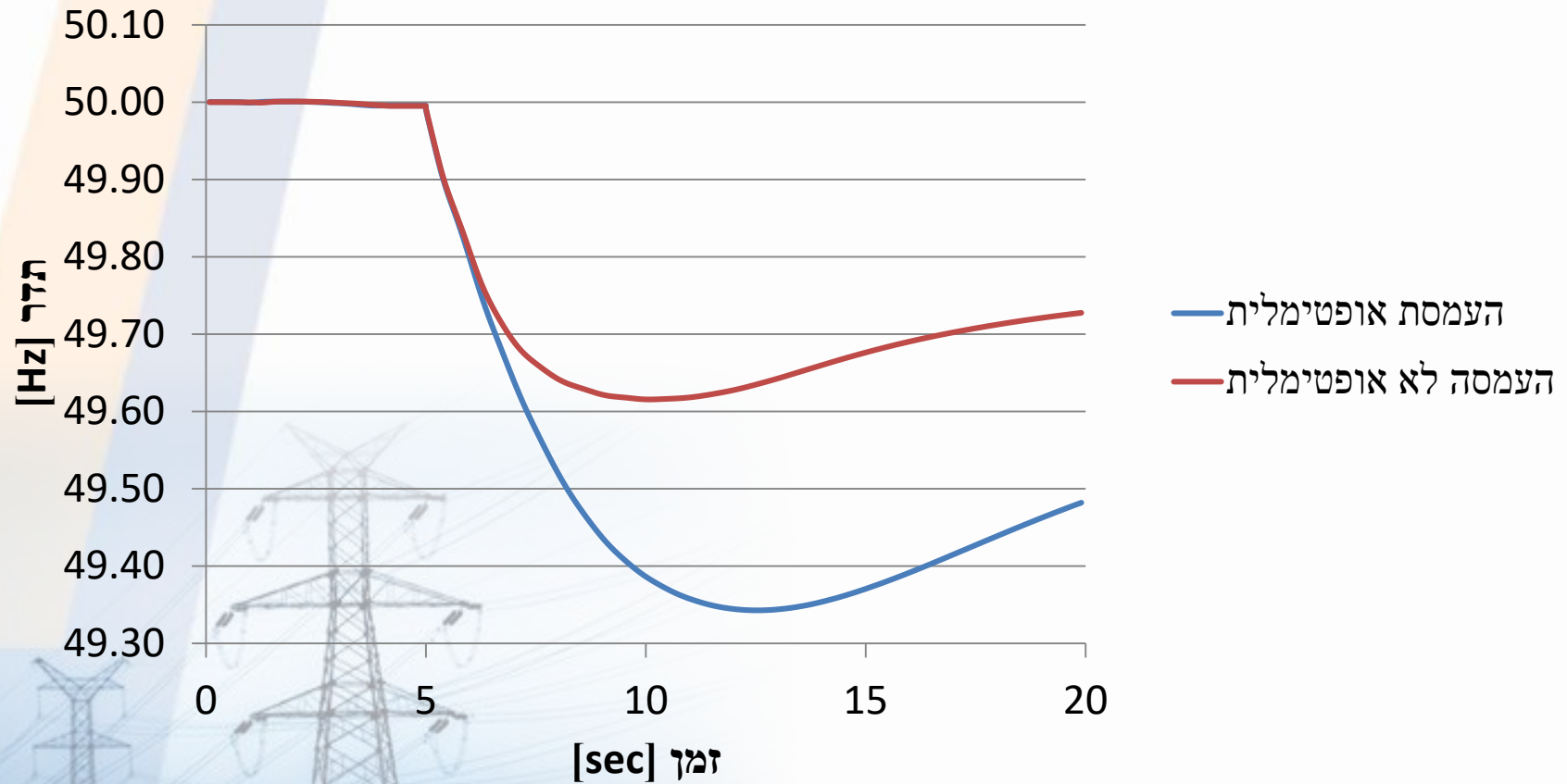
זמן [sec] הגעת התדר לערך מינימום בזמן הפרעה



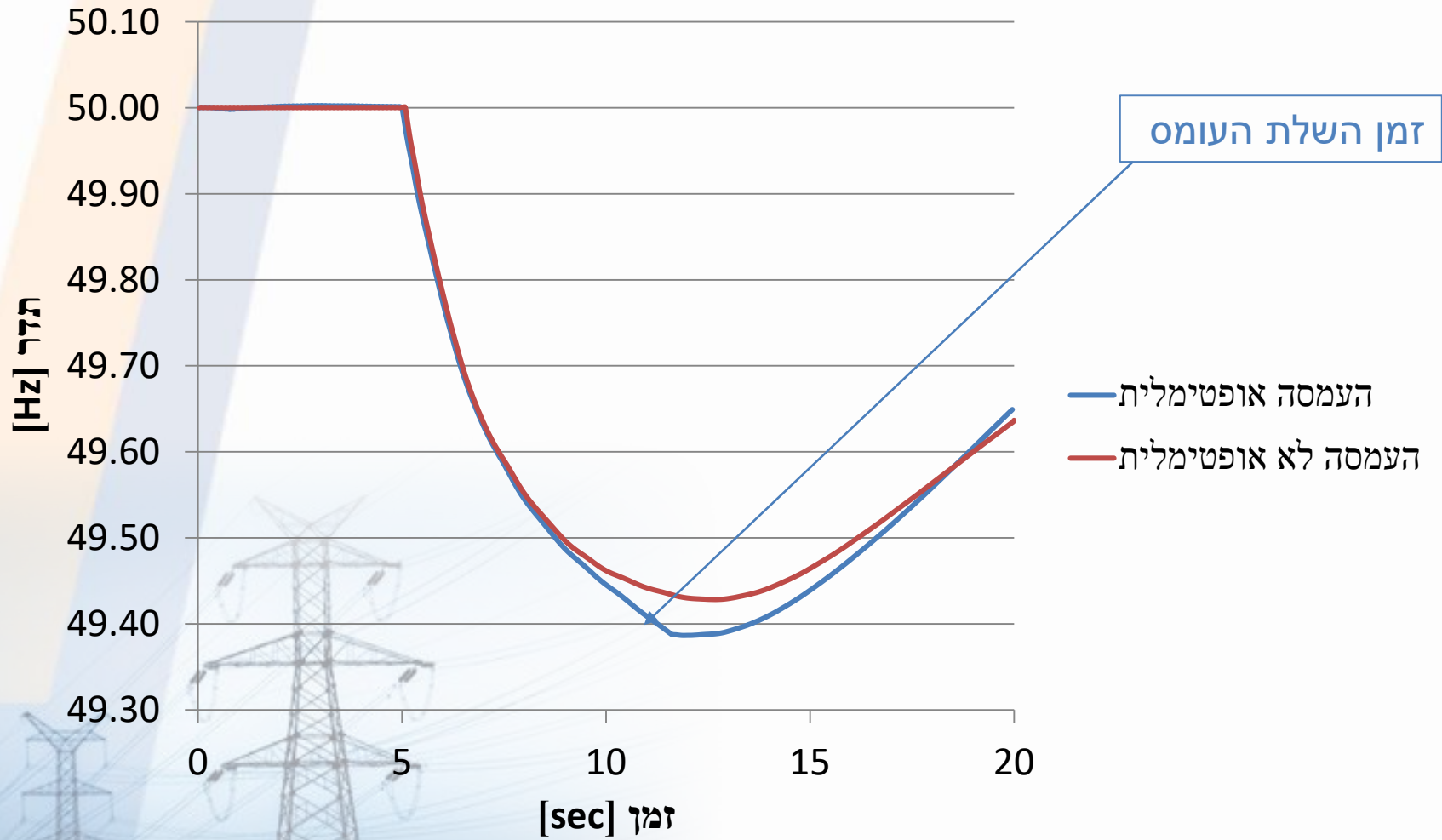
■ 5-7 ■ 7-9 ■ 9-12 ■ 12-20 ■ יותר מ-20

- לצורך ביצוע הדמיות נעשה שימוש בתוכנת PSSE - Power System Simulator for Engineering.
- נבחרו מספר משטרי עבודה השונים זה מזה בעומס המערכת, הרכב יחידות הייצור המסונכרנות והספקן.
- נבחרו מודלים סטנדרטים ליחידות השונות בהתאם לטכנולוגיה.
- התבצעו כיולים למודלים הסטנדרטים ע"י ביצוע מספר רב של ניסויים בהם מכוונים את פרמטרי המודל, בכדי להתאים את תגובת היחידות בתוכנה למציאות.

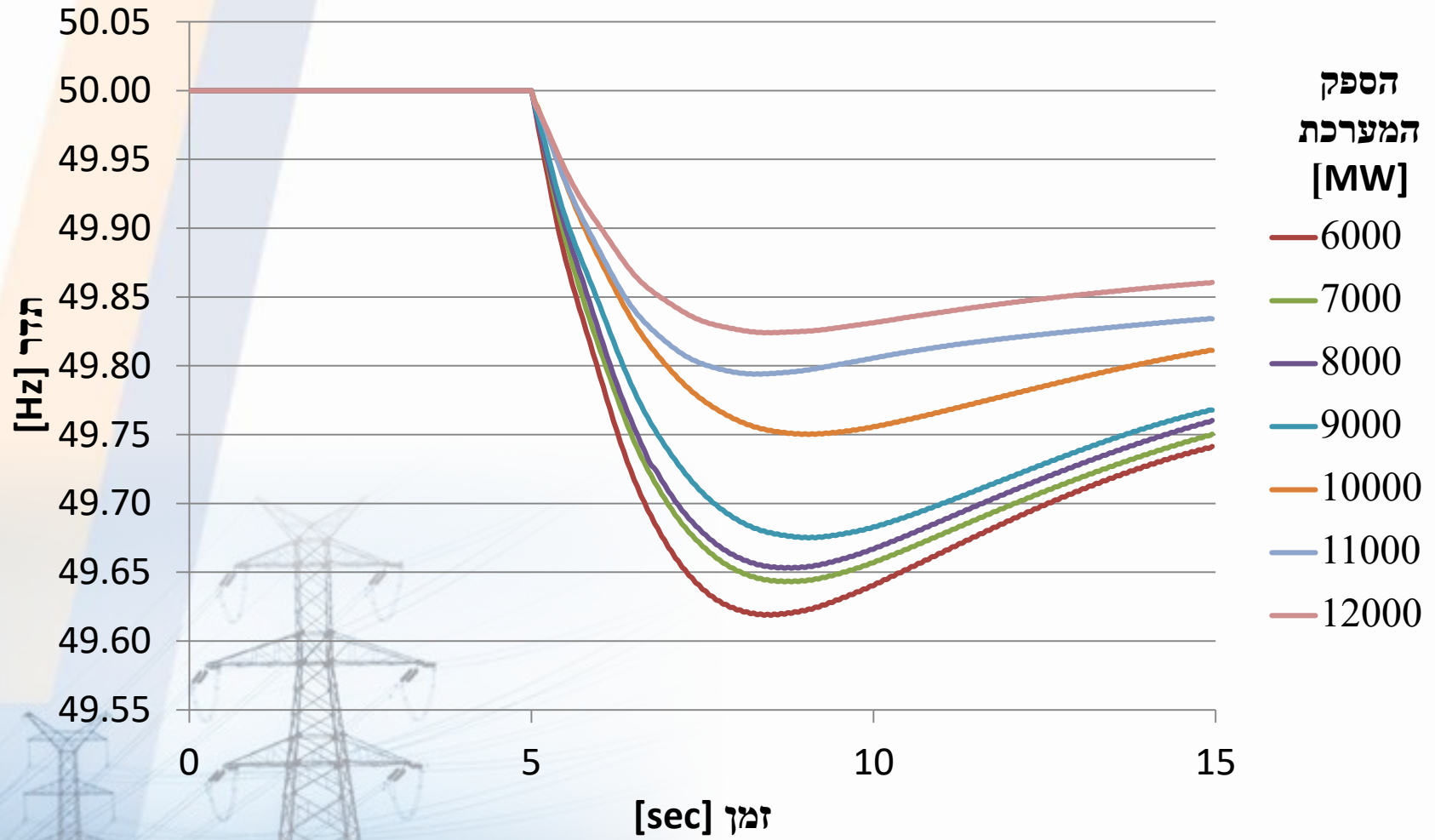
תוצאות הדמיה – התנהגות התדר בזמן הפרעה



תוצאות הדמיה – התנהגות התדר בזמן הפרעה



תוצאות הדמיה – התנהגות התדר בזמן הפרעה



- נמצא כי תדר המערכת מגיע לערכו המינימלי כעבור פרק זמן של 5-9 שניות ברוב ההפרעות.
- תגובת יחידות היצור בפרק זמן זה הינה הגורם הדומיננטי ביותר בקביעת הערך המינימלי אליו יגיע התדר.
- **יש לשנות את שיטת החישוב של הרזרבה המיידית במערכת החשמל כך שתחושב ע"פ סכום תגובת יחידות היצור לאחר 5 שניות או בזמן בו התדר מגיע לערכו המינימלי (כיום מחושבת לפי 30 שניות).**
- תגובות היחידות יחושבו על סמך ניתוח אירועים קודמים.

- התוצאות שהתקבלו מוכיחות כי לחלוקת הרזרבה הסובבת בין יחידות היצור בצורה שאינה אופטימלית כלכלית (חלוקת הרזרבה בין מספר יחידות רב יותר והעמסתן בהתאם) ישנה השפעה חיובית על התנהגות מערכת חשמל בזמן הפרעת תדר:
- הערכים המינימלים אליהם מגיע תדר המערכת במהלך ההפרעה הינם גבוהים יותר.
- היקף השלת העומס מצומצם יותר ואף נמנע לחלוטין בחלק מהמקרים.
- שיקום התדר לאחר ההפרעה מהיר יותר.
- **יש לדאוג להעמסת יחידות היצור כך שהרזרבה תחולק בין מספר רב יותר של יחידות יצור ובעומסים בהם תגובתן תהיה מיטבית.**

- כיום, לא כל יצרני החשמל משתתפים ברזרבה הסובבת בשל הסכמים וחוסר הסדרה בנושא.
- מומלץ שכלל יחידות היצור במערכת החשמל ישתתפו ברזרבה הסובבת.
- נדרשת הסדרה חוזית בנושא.

- חדירת יחידות יצור לא קונבנציונאליות כגון תחנות כח פוטוולטאיות (PV), המתחברות לרשת החשמל דרך מהפך, מורידות את אינרציית המערכת ופוגעות בתגובתה להפרעות תדר.
- **קיים צורך במציאת פתרונות לשמירת רזרבה בשילוב של יחידות יצור ללא אינרציה.**

- ככל שעומס המערכת גבוה יותר כך תדר המערכת יתדרדר פחות בזמן ההפרעה כאשר נשמרת אותה רזרבה סובבת.
- **נדרשת התאמה בין הרזרבה הנשמרת לבין עומס המערכת.**
- **בעומסי מערכת גבוהים, ניתן להקטין עלויות ע"י שמירת רזרבה אופטימלית כלכלית שכן אינרציית המערכת גבוהה.**

- להעמסת היחידות ושמירת הרזרבה המוצעת בעבודה זו משמעות כלכלית. התוספת בסל הדלקים קטנה יחסית.
- חברת החשמל מפצה צרכנים בהסכמי השלת עומס. ניתן לחסוך חלק מעלות זו.
- להשלת העומס קיים נזק תדמיתי כלפי כלל הצרכנים.
- **מומלץ ליישם את מסקנות עבודה זו ולשנות את כללי שמירת הרזרבה והעמסת יחידות היצור במערכת החשמל.**

- הוקם צוות בין אגפי לבדיקת מדיניות שמירת הרזרבה בחברת החשמל.
- אופיינה על ידי עבודה מקיפה יותר של אגף תפ"ט בנושא.
- נקבעו כללים חדשים אשר נמצאים בבדיקה בימים אלו בכדי לקבוע הוראות עבודה מעודכנות בנושא.
- מתבצעת עבודה מול רשות החשמל להסדרה חוזית ותעריפית של שמירת רזרבה סובבת אצל יצרנים פרטיים.