

מפגשים ושיחות עם מהנדסי תחנות כח

בתקופה האחרונה ערכנו ביקורים בתחנות כח וקיימנו מפגשים ושיחות עם מומחים מורשים ומהנדסי תפעול ראשיים¹. המפגשים כולם תועדו ונערכו לאחר מכן במדויק.

[א] מפגש עם מהנדס תפעול ראשי מר. קיון קהן

בצהרי יום רביעי כח' בשבט תשע"ד ערכנו פגישה עם מר. קיון קהן מהנדס תפעול ראשי ומורשה מוסמך להכשרת והנפקת רשיונות למפעילי תחנת הכח (Licensed Technical Instructor-Power Plant Operating Engineer 1st Class). במפגש הרחיב מאד בכל המתרחש לכל אורך היום בתחנה וכמו"כ השיב על שאלות שהעלנו. המפגש נערך באנגלית ולהלן תרגומו לעברית:

בתחנה ובחדר הבקרה יושבים עשרה אנשים שעברו הכשרה מעולה על ידינו, למעלה משנה יום יום למדו את המערכת עד שנהיתה כולה מסודרת להם בראש. הם יושבים למשך 12 שעות ברצף במעקב תמידי אחרי כל המערכות שבתחנה. ישנן שלוש מערכות: מערכת מים (לטורבינות קיטוריות), מערכת גז ומערכת חשמל. עליהם לשבת מול המסכים ונורות בקרה, בוחנים ובודקים ושוב בוחנים ובודקים ללא הרף את תקינות המערכת. בזמן זה אסור להסיח דעתם, אוכלים כשעיניהם אינם מוסתים מהמסכים. אם יצא לביה"כ לחמש דקות זה נקרא "המון זמן". תקלות מצויות כל הזמן !!!

עליהם להיות בקיאים בכל לחצן ומסך למה הוא משתייך ולהבחין בתקלות לאיזה מערכת היא שייכת, אם היא מכאנית או חשמלית וכדומה. מיד בהבחנים בתקלה מזעיקים אנשי התחזוקה המתאימים לאותה מערכת לתיקון מיידי. כאשר נודע על תקלה אין מושג של "ללכת" לאט ולתקן, עליהם להזדרז מאד למקום התקלה ולתקנו במהירות. לפעמים ע"י תקלה קטנה שלא אותרה ותוקנה בזמן, הושבת תחנה שלימה שכרוכה בהפסדים של מיליונים (סיפר על כמה מקרים כאלו). ע"כ ישנו צוות מוכן בכל עת למקרה תקלה, מומחי צנרת מומחי חשמל מומחי גז וכו'. ומלבד צוות מפעילי חדר הבקרה ישנם אנשי תחזוקה שמסתובבים תדיר בכל שטח התחנה לבדוק תקינות מערכות הרבות.

לשאלתנו מה הן תדירות התקלות בייצור? השיב נדיר מאד שלא יהיו תקלות יומיומיות כיון המערכת בנויה מאלפי חלקים. ובממוצע בעשרים וארבע שעות ישנם 20-10 תקלות קריטיות שאם לא מטופלים מיידי עלולים להביא להשבתה גמורה של טורבינה. חלקם מכאניות היינו שיבושים במערכות וחלקם מחמת תקלות אנושיות כגון שימוש בגז הלא נכון ובמשאבה לא נכונה וכדו'. ולפעמים אף תקלות קטנות משביתות טורבינה או את כל התחנה². מלבד תקלות קריטיות ישנם עוד תקלות קטנות רבות כנ"ל.

לשאלתנו מה הם הפעולות הנדרשות בתחנה כאשר מגיע הודעה מתחנת הפיקוח הארצי (שבחיפה) להגביר את כמות הייצור? השיב שבתחנת הפיקוח הארצי מחליטים איזה טורבינה יש לכבות או להדליק ומעבירים הודעה בקשר לחדר הבקרה שבתחנה³. הגברת הייצור בפועל נעשית ע"י אנשי חדר

¹ המפגשים סודרו ע"י מכרי משפחה שעבדו יחד עם המהנדסים.

² סיפר שפעם אחת גומיה קטנה בצנרת השתחררה ודלף גז, ובכך הושבתה תחנה שלימה שגרמה להפסדים של מיליונים (מספרים אלו אינם גוזמא, שכן תחנות אלו מכניסות סכומי עתק ולמשל תחנת 'דוראד' מרויחה לערך מליון שקל ליום וזאת מלבד שמדובר במערכות יקרות מאד שכל עלות תיקון קטן מסתכם בסכומי עתק וזאת הסיבה כי מערך הבקרה גדול למדי).

³ ישנם תחנות כח מפורזות בכל רחבי הארץ. כולם עובדים כמערכת אחת לספק את החשמל לפי הדרישה של כלל הצרכנים. תחנת הפיקוח הארצית שבחיפה עוקבת בתמידות אחר שינויי הצריכה הכללית ואחראית לצוות על התחנות השונות איזה טורבינות לכבות/להדליק או להנמיך/להגביר כפי החלטתה שנקבעת עפ"י מומחים במטרה להגיע לייצור בחסכון מקסימלי.

הבקרה ועליהם לעדכן ידני את מערכת המחשבים (ע"י לחיצה במקשים) וכמו"כ ישנם פעולות ידניות הנעשות בצנרת כגון פתיחת צנורות גז (הדגים בידיו תנועות סיבוב פתיחת הצנורות) ומים, ועוד מערכות שמחוץ לחדר הבקרה.

מאז קבלת ההודעה עד הפעלה חדשה של טורבינה בפועל יתכן שיעבור משך זמן של שעה שכן עושים בדיקות במחשב שכל המערכות תקינות וכן בשטח נצרכות בדיקות מקיפות של המערכות כגון מערכת המים גז ועוד ע"י אנשי הצוות (ציין שלפעמים המחשב מראה שהכל תקין אך בפועל אינו כן בשטח מחמת תקלות). בדיקות אלו נעשות לפני כל הדלקת טורבינה.

עוד שאלנו למה לא מתכננים מחשב שיעשה הכל אוטומטי? השיב כל הפעלה כזו תלויה בהרבה מערכות מסובכות ובכל מערכת צריכים לשנות בערך אלף דברים שונים. תקלות מצויות כל יום וצריכים תחזוקה תמידית.

לשאלתנו מה הן השעות שישנם שינויים משמעותיים בכמות הייצור? ענה עליה בצריכה בעיקר משך עד עשר בבוקר. ובערך שתיים עשרה בצהריים עד השעה חמש ישנה ירידה ומחמש שרבים חוזרים לביתם ומפעילים מנועים ומכשירי חשמל שוב יש עלייה חדה בצריכה עד בערך תשע בלילה ומאז שוב ישנה ירידה לקראת שעות השינה.

לשאלתנו באיזה תדירות דרושים שינויים במערכת מחמת שינויי צריכה? השיב שבחלק משעות היממה אנשי חדרה הבקרה מעדכנים ידנית את המחשב כל עשר דקות ומאשרים את שינויי כמות הייצור. ובחלק משעות היממה מעדכנים כל שלש שעות הכל כפי ההוראה שמתקבלת מתחנת הפיקוח הארצי.

לשאלתנו האם כל הפעולות הנ"ל נעשות גם בשבת? השיב כן זה הצורה התמידית גם בשבת. ושוב שאלנו האם בשבת האחרונה הוצרכו לעשות כל פעולות הנ"ל השיב כן⁴ !!!

לגבי שיקולים של חסכון הסביר שבכל עת שאין צורך בחשמל, מורידים את כמות הייצור כי ככל שיש שימוש בטורבינות כך יש בלאי שמגיע להפסדים של מליוני דולרים לחדש את המכונות והמערכות. ציין שבערב הסעודית ישנם תחנות שפועלות בשיא תפוקה ללא הפסקה שכן אין להם צורך לחסוך בנפט (כי-דוע יש בידם כמויות עצומות נפט).

בסוף כל התיאור והתשובות סיכמנו דבריו ושאלנו שבעצם נצרכת התערבות אנושית כל יום ויום בייצור? ענה "היותר נכון הוא כל דקה ודקה (מינוט טו מינוט)" !!!

יש לציין שבתחילת המפגש הצהיר "התחנה עובדת באוטומציה מליאה" ובמהלך המפגש הבהיר שכוונתו שלא דרוש מהעובדים מלאכת ידים וטרחא תמידית בייצור (מה שאין כן בתחנת כח פחמית שיש צורך בהטענה תמידית של הפחם). והקשות במחשב ושינויים משמעותיים שעושים בכל מערכות המיחשוב הם בכלל 'אוטומציה מליאה' [כולל הדלקות וכיבויים, מעקב אחר הצריכה, רישום כל הפעולות שנעשו וכן יצירת קשר עם הפיקוח הארצי כיון שאינו כרוך אלא בפעולות מיחשוב וזאת מלבד תיקונים של 20-10 תקלות יומיומיות].

ומזה יש ללמוד שאין להסתמך על הצהרות מסוג זה ואף לא על שמועות שהכל אוטומטי כי כוונתם כנ"ל. וגם אנו נפגשנו עם עוד עובדי החברה וכולם פתחו בנוסח "הכל אוטומטי" עד שירדו עמם לפרטים הקטנים ונתברר שכוונתם כנ"ל.

⁴ יש לציין שהמהנדס בתקופה זו עובד שבעה ימים בשבוע ודבריו נאמרו מתוך מה שראה בעיניו.

זמן מה לאחר הפגישה שגרנו למהנדס מכתב עם כמה שאלות בנוגע להנ"ל והשיב
(השאלות ותשובות נכתבו באנגלית ותורגמו)

Engineer Kahn,

1. When the demand for electric consumption changes, how does the plant modulate the turbines to accommodate the differing production demands. In other words, are turbines turned on and off, speeds changed etc. ***automatically by the computer system, *or does the technician in the control room physically *have to re program the system, physically do something on his computer to adjust the turbines***, gas flow etc. to accommodate the changed demand.

2. As an adjunct to this, does a worker physically have to go the site and turn on/off gas valves in accordance with the changed demands or is this done automatically in sync with the re programming in the control room.

3. Are these things done on shabbat like on the rest of the week.

Thanks

Eliyahu Braverman

1. Answer: Yes to all. The gas turbine operation is very complex with hundreds of systems including gas , air , cooling , oil , interlocks , logics etc. Depending on the load demand turbines may be turned on or off and the operator has to physically monitor the operation in the field and in the control room. Some operation may be done automatically but has to be supervised by operations staff in both field and control room, this may take as much as 3 hours per system and there are hundreds of systems. The past few months the staff has been working non-stop on shift and hardly ever taking a break.

2. YES.

3. The plant operation does not depend on what day it is, if the turbine has to be started or stopped it takes the same the vigilance and expertise to operate each system, which can take several hours per system.

Thanks

Kevin Khan

Power Plant Operating Engineer 1st Class

זה תרגומו:

מהנדס קהן,

1. כשדרישת החשמל משתנה, איך התחנה מווסתת את הטורבינות ע"מ להתאים (את הטורבינות) לדרישת הייצור. ובמילים אחרות האם טורבינות נדלקות ונכבות, שינוי המהירות וכולי באופן *אוטומטי ע"י מערכות המחשוב, *או שטכנאי בחדר הבקרה *צריך פיזית לעדכן את המערכת, לעשות משהו במחשב כדי לכוון את הטורבינות*, זרימת גז וכו' כדי להתאים עצמה לשינוי בדרישת הייצור.

2. בנוסף לכך, האם ישנו עובד שצריך להגיע לשטח ולפתוח/לסגור שסתומי ברזים בהתאם לשינויים בדרישת ייצור חשמל או שזה נעשה באופן אוטומטי ע"י עדכון מערכת המחשבים בחדר הבקרה.

3. האם הדברים האלו נעשים בשבת כבשאר ימי השבוע.

תודה רבה

אליהו ברוורמן

1. תשובה: כן לכולם⁵. הפעלת טורבינות הגז מורכבת מאד עם מאות מערכות הכוללים גז, אור, קירור, שמן, משתלב ??, לוגיקה וכולי. בהתאם לדרישה יתכן שטורבינות יודלקו או יכבו ומפעיל צריך פיזית להשגיח בשטח ובחדר הבקרה. חלק מהפעולות יתכנו להעשות אוטומטי אבל דרוש פיקוח ע"י צוות המפעילים בשטח ובחדר הבקרה, ויתכן וימשך דבר זה [הדלקת טורבינה] עד שלש שעות לכל מערכת, וישנם מאות מערכות. בחודשים האחרונים הצוות עבד ללא הפסקה במשמרת ובקושי לקחו הפסקה.

2. כן.

3. הפעלת התחנה אינה תלויה באיזה יום בשבוע הוא, אם נצרכת הדלקת או כיבוי של טורבינה, דרוש אותו כוונות ומומחיות ע"מ להפעיל כל מערכת, שיתכן ויקח כמה שעות לכל מערכת.

תודה

קיון קהן

מהנדס הפעלת תחנות כח מדרגה ראשונה

⁵ הכוכביות בשאלות נוספו ע"י המהנדס ובא לציין בזה שכל אחד מהמשפטים שהוסיף בו כוכבית הוא נכון.

[ב] שיחה עם מהנדס תפעול ראשי בתחנת הכח במפעלי ים המלח מר. א.ו.

לשאלתנו מה היא תדירות ההתעסקות עם תקלות (קטנות או גדולות) ? השיב "מתעסקים כל הזמן, אי אפשר להשאיר את זה לבד. גם בשבת, אמנם אין תיקונים גדולים כי אנשים המקצועניים לא נמצאים אבל ברמה היומית יש תיקונים, פה לפתוח צינור פה להחליף משאבה זו למשאבה אחרת או להגביר עוצמת משאבה מסוימת, וזה דברים שנוגעים לייצור עצמו".

עוד הבהיר שכיבוי טורבינה כוללת סגירת צינורות פתיחת ניקוז וכן בהפעלה מחדש צריכים לפתוח צינורות גז ולסתום הניקוז באופן ידני.

לשאלתנו האם יש אפשרות להשאיר את טורבינות הייצור לעבוד אוטומטי ללא מגע יד אדם ? השיב בנחרצות "אין מצב להשאירו לבד עשרים וארבע שעות הפתרון היחידי לשבת הוא להעסיק גוים".

לשאלתנו על פי איזה שיקולים מחליטים לכבות טורבינות מסוימות ובמקומם להפעיל אחרים ? השיב 'אני מבטיח לך שהשיקול היחידי שעל פיו מתקבלות החלטות הוא כסף, האם להפעיל שתיים גדולות או 10 קטנות הוא רק שיקול של כסף. ישנם מחשבים מתוחכמים הממליצים מה לכבות ומה להדליק וצוות תחנת הפיקוח הארצי מחליטים סופי מה עדיף ועפ"י מצווים לתחנות השונות איזו טורבינות להפעיל ובאיזה רמת עוצמה.

[ג] שיחה עם מהנדס תכנון הקמה והפעלה ראשית בתחנת הכח 'DORAD' מר. ד.י.

תחנה שלנו מייצרת 800 מגה וואט. אנשי חדר הבקרה תפקידם בעיקר להשגיח על כל הנעשה בתחנה. ישנם דברים שלעולם לא יהיו אוטומטי והוא התנעה והפסקה של טורבינה. "הוא לא צריך לעשות הרבה, רק ללחוץ על כפתור כדי להפעיל". יש נקודות במסגרת ההפעלה שהמערכת מגיעה לאיזשהו נקודה ומתיצבת ומבקשת את האישור של המפעיל כדי לעבור לשלב הבא כי המפעיל צריך לאשר שבאמת הכל כמו שצריך ואין דליפות ואש ושהכל עובד יציב. אי אפשר להפעיל תחנה בלא מעורבות של מפעיל.

גם כשהמערכת פעולת כמו שצריך ואין תקלות, ישנה בכל זאת מעורבות אנושית, כל חצי שעה בממוצע צ-ריכים לשנות את כמות הייצור כפי ההודעה שמתקבלת מתחנת הפיקוח הארצי שבחיפה. תפקיד מנהל המערכת לדאוג שתמיד כמות הייצור תהיה זהה לדרישה של הצרכנים מכיון שאת החשמל א"א לאגור. כמו"כ שינויי הצריכה בין שעות הבוקר לצהריים וערב הם שינויים דרסטיים שמוכרחים להפעיל טורבינות חדשות ואין אפשרות להתנעה אוטומטית.

לשאלתנו האם ישנם טורבינות שמכבים לגמרי בשעות מסוימות ביום ? השיב כי ישנו הבדל בין טורבינות הפחם לטורבינות הגז טורבינות הפחם לוקח להפעילם מחדש ארבעים ושמונה שעות ואילו טורבינות הגז התעשייתיות לוקח כשלוש עד ארבע שעות להתניעם מחדש וטורבינות הקטנות יותר כמו בתחנה שלנו לוקח עשר דקות להתניעם. ולכן יותר שכיח שבמשך היממה כשיש הבדל בשינויי הצריכה בין בוקר לאחר צהריים אנו מכבים את טורבינות הגז, ואילו חברת החשמל נלחמת שלא להשבית את טורבינות תחנות הפחם מפני זמן הארוך שדרוש כדי להתניעם מחדש. ולכן בדרך כלל בתחנות רבות משביתים את טורבינות הגז בלילות ומשאירים בעיקר את טורבינות הפחם.

הדגיש ואמר כל צורת הפעילות הנ"ל נוגעת בהחלט גם לשבת. והוסיף שבעונות המעבר יתכן ויפעילו בשעות השפל רק טורבינות פחם אבל בקיץ ובחורף צריכים להפעיל בנוסף לטורבינות הפחם גם את טורבינות הגז אף בזמני שפל.

לשאלתנו מה היא תדירות התקלות אמר שהן דבר שבשגרה ואף בתחנות החדשות. ישנם תקלות שמצריכות השבתה וטיפול מיידית בטורבינה ויש תקלות שניתן לדחות למספר שעות. ודבר זה ניתן לשיקול דעתו של מ-פעיל התחנה ולא קיימת מערכת ממוחשבת שיודעת להחליט בדברים אלו.

לשאלתנו איזו פעולות צדדיות שאינם נוגעות ישירות לייצור נעשות ג"כ במהלך היממה ובשבת ? אמר שיש רישום ידני של כל פעולה שעושים בטורבינות ויש תיאום של כל פעולה. שכל מפעיל שרוצה להשבית או להפעיל טורבינה, צריך לבקש אישור על כך ממנהל המערכת בחיפה. ולפעמים הוא מאשר מיידית ולפעמים מאשר רק לאחר רבע שעה. ואם אחד עושה ע"ד עצמו זוהי עבירה פלילית.

ועל כן כל העלאה או הורדה של כמות בייצור שנעשה ע"י המפעיל, מחובתו לרשום ידני במחשב המעקב. ועליו לרשום ממי קיבל אישור לשנות ובאיזה שעה שינה וזאת למרות שחלק מהפעולות נרשמות אוטומטית במחשב. כמו"כ כל שיחה בין המפעילים לתחנת הפיקוח מוקלטת.

לשאלתנו האם קיימת אפשרות להפעיל את התחנה באופן אוטומטי לחלוטין השיב בשלילה והפתרון היחידי הוא להעסיק גוים.

תחנת כח הפעולות ע"י גז:

להבנת צורת ייצור החשמל ע"י גז והעבודות הכרוכות בה יש לחלק תיאור המערכת לשניים:

א. פעולות הנעשות במפעל נקיון הגז ב. פעולות הנעשות בתחנות הכח.

א. **תיאור מערכת ניקוי הגז:** גז טבעי נמצא בעומק האדמה בים, וע"י קידוח בקרקעית הים נתגלו שדות ענק של גז. לתוך שדה זו מוחדרות צינורות שמובלים את הגז אל מפעל הניקוי. מפעל זה בא"י הינו ממוקם בים עצמו ב"אסדה" ענקית (ע"י תמונה).

גז היוצא מן האדמה מעורבב עם פסולת כגון חול, מים, גזים נוספים (שאינם מתאימים לייצור) מלח ועוד. על האסדה ממוקמים מערכות ניקוי משוכללות מאד שתפקידם לזקק את הגז שיהיה ראוי לשימוש (שם הוא עובר שש תהליכים עד שמוכן לשימוש. ובנוסף לתהליך הניקיון, לחץ הגז מופחת). לאחר תהליכים הנ"ל, ממשיך הגז לזרום אל תחנת הקבלה באשדוד, ומשם מוזרם לחלקי הארץ כגון מפעלים, בתים פרטיים ובעיקר לתחנות כח. לעת עתה כ- 10 תחנות פועלות ע"י גז טבעי ומספקים כארבעים אחוז מייצור החשמל בארץ כנ"ל.

ב. **תיאור מערכת ייצור ע"י גז טבעי:** טורבינות גז שונות מטורבינות הפעולות בתחנת הכח הפחמיות שבחדרה ובאשקלון. בטורבינות אלו (בחלקם) מוזרם גז ואויר לתא הטורבינה וישנו ניצוץ קטן שמתחיל את ההתלקחות של החומרים הנ"ל והבערת החומרים מפיצה חום ואנרגיה (מה שנקרא 'הדף'), ואנרגיה זו מסובבת פרופלר הטורבינה שמייצר שדה מגנטי (צורה זו של הסתובבות הטורבינה בין מגנטים קיימת בכל תחנה והשוני בין התחנות היא באופן גרימת סיבוב הטורבינה). למעלה מטורבינה זו ממוקמים צינורות המכילים מים מזוקקים, והם מורתחים ע"י החום העצום (כמה מאות מעלות) שפורץ מההתלקחות. קיטור אדים היוצא מהרתחת המים, מועבר לטורבינה נוספת שמסובבת ע"י הלחץ הקיטורי. ובעצם לכל טורבינת גז מוצמד טורבינה נוספת.

נמצינו שבתחנות כח אלו ישנם מספר מערכות שונות: מערכת צנרת גז טבעי, מערכת התפלת והובלת מים המים עוברים זיקוק לפני העברתם לצינורות ההרתחה), מערכת החשמל. לכל מערכת ישנם מהנדסים מומחים שאחראים על חלקם בייצור. ומלבד זאת ישנם מפעילים מנוסים מאד שעומדים בחדרי הבקרה שתפקידם להפעיל את כל מערכות הנ"ל בבת אחת וכמו"כ לצוות על המהנדסים וטכנאים לטפל במערכות השונות כפי הצורך.

מלאכות הכרוכות בתהליך ניקוי הגז: כאמור באות א' כל הגז הנשאב מהאדמה מגיע הישר לאסדה לזיקוק. האסדה כוללת מערכות חשמליות של עיבוד וניקוי ע"י תהליכים שונים (ברירת המים חול גזים ושאר פסולת מהגז). לאחר מחקר מקיף אצל העוסקים עם חברות הגז עלה שהגז אינו נצבר במאגרים כלל אחרי הניקיון בשונה מנפט ועוד חומרי בעירה. הגז מתקנה ומוזרם ישירות לצרכנים. נקודה זאת חשובה ומהותית ומהווה אחת מהחילולי שבת הגדולים שקשורים לתחנות הכח. בעצם ככל שצריכת החשמל בארץ גוברת כך דורשות תחנות הכח יותר גז, ונעשה באופן ישיר ומיידי ניקוי של גז נוסף בתחילת הצינור-באסדה, ואם היה פחות דרישת חשמל מהצרכנים, היה נשאב פחות גז, ומפעילים פחות את מערכות הזיקוק, ופחות גז היה עובר תהליכי ניקוי הכרוכים בעשרות מלאכות.

👉 **היוצא שתחנות אלו דומות לתחנות כח פחמיות שהצרכנים מחייבים ומכריחים את עובדי החברה להרבות מלאכות עבורם - עבור הבריאם. בתחנות פחמיות מרבים בהטענת פחם ובתחנות גז טבעי מרבים בניקוי הגז.**