

1. פיתוח של טכנולוגיה ומתקן לקירור מהיר של מוצרי מזון ומשקאות

בדומה לחימום מהיר של מנות אוכל במיקרוגל יש מצבים כאשר יש צורך בקירור מהיר של מוצרי מזון ומשקאות. היום בשוק ישנם לפחות שני סוגים של מכשירים לקירור מהיר של משקאות ומוצרי מזון מסוימים. אחד מהם מתאים רק לקירור של משקאות כגון: מים, קולה, בירה ועוד, ומבוסס על סיבוב של בקבוק המשקה באמבטיה קטנה של מים עם קרח. מכשיר הזה יכול לקרר רק בקבוק אחד בו זמנית ודורש נוכחות של קרח במקרר. יש מכשיר מסוג של "מכת קור" שמספק קירור מהיר של מוצר מוצק או משקה על ידי הזרמה של אויר קראוגני. שיטה של קירור על ידי אויר קראוגני דורשת בניית מערכת קראוגנית המאופיינת על ידי צריכת אנרגיה גבוהה שמפרטורות מאוד נמוכות ולחצים מאוד גבוהים.

במסגרת פרויקט שאנחנו מציעים יש לפתח מתקן ושיטה אלטרנטיבית לקירור מהיר של מוצרי מזון ומשקאות. זה יכול להיות מתקן קטן לקירור של מוצר בודד או בקבוק אחד של משקה, או יכול להיות מתקן גדול יותר שבו אפשר לקרר כמה מוצרי מזון ומשקאות בו זמנית. אחד מהמטרות של הפרויקט לתכנן מתקן בעל מספר אופציות שונות לקירור מוצרי מזון, למשל: אם לקוח פוטנציאלי רוצה לקרר בקבוק או פחית של קוקה קולה הוא יכול לבחור אופציה של קירור משקאות בגודל מעל חצי ליטר או קטן מחצי ליטר, ללחוץ על הכפתור המתאים ולחכות דקות ספורות עד שמשקה יגיע לטמפרטורה הרצויה. או אם יש צורך לקרר מוצר מזון מוצק כמו בשר אז בוחרים אופציה של קירור מוצרים בשריים או במקרה של מזון אחר תהיה תכנית גם לסוג אחר של מזון. יש לציין שקירור של סוגים שונים של מזון ומשקאות ידרשו תנאי קירור שונים. המחנה המשותף זה זמן הקירור הקצר.

משימות הפרויקט:

1. לפתח שיטת קירור למוצרים שונים.
2. לתכנן מתקן קירור. תכן יכלול בניית מודל תלת ממד של מעבר חום במוצר מזון ומשקה, חישובי ספיקה וטמפרטורה של אויר או נוזל המקרר וצריכת אנרגיה חשמלית. תכן מכני יכלול גם שרטוטים.

דרישות לסטודנט:

1. ידע מעמיק בנושא של מעבר חום, תרמודינמיקה וזרימה.
2. ידע בסיסי בתכן מכני
3. היכרות של תוכנת תב"ם ותוכנת אלמנטים סופיים (לא חובה אבל רצוי מאוד).

2. הגברת נצילות ושיפור תכן של מתקן להתפלת מי ים על אוניות

תקציר: הפרויקט עוסק בתכנון ושיפור של מתקן התפלה נייד המותקן ע"ג כלי שיט, המתקן אמור להתפיל מים תוך כדי שיט ולספק את כל צרכי כלי השיט שעליו הוא מותקן. מתקנים דומים נמצאים בשירות היום בחיל הים וע"ג כלי שיט אזרחיים. הצורך בפרויקט מסוג זה נובע מכך שהמתקנים אשר פועלים היום בשוק סובלים מבעיות תפקודיות וישנו צורך לשפר בצורה משמעותית את ביצועים של מתקן התפלה ולהגדיל נצילות שלו.

מטרות ודרישות:

מטרת הפרויקט הינה ביצוע תכן משופר של מתקן התפלה המיועד לשימוש על כלי שיט בשיטת אידוד ועיבוי של מים. מתקן זה יוכל לשמש את כל צרכי כלי השיט לרבות מי שתייה, מקלחות, ניקיונות, מי תחזוקה ומים לתהליכים שונים.

המתקן מיועד לכלי שיט בגודל בינוני עד גדול ויספק עד 3.5 טון מים מותפלים בשעה. הפרמטרים העיקריים אותם ניתחתי כי יש לשפר אותם הם:

- תפוקת תהליך התפלת גדולה יותר- מחושב לפי כמות מי התוצר / כמות המים אותם מכניסים להתפלה (הממוצע בשוק הינו כ-50%)
- חסכון אנרגטי- הוזלה של תפעול המתקן
- פתרון לבעיית קורוזיה / אבנית/ חלודה ושאר בעיות שנובעות משימוש במים קשים.

מתודולוגיה הנדסית-מדעית ושיטת איסוף הדרישות והנתונים:

לאחר איסוף ומחקר של השיטות הקיימות בשוק עלה כי רוב מתקני ההתפלה המתפלים בכמות של עד 4 מ"ק בשעה הקיימים על גבי כלי שיט הם מתקני התפלה העובדים בשיטת האידוד והעיבוי. לאחר בחינה מדוקדקת של שיטה זו עולה כי השיטה מנצחת בתחום החיסכון באנרגיה לאור כך שאנרגיה לחימום ואידוד של מי ים מגיעה מתוך מנוע של אוניה.

כמו כן, נמצא כי המתקנים הקיימים סובלים מבעיית פינוי תמיסה מרוכזת של מלח ומים לאחר ההתפלה ולכן יש לבצע אחזקה תקופתית של המתקן, דבר הגורם לייקור משמעותי של המתקן. לאחר חקירת כלל האופציות והפתרונות האפשריים לבעיות הללו נמצא כי יש באפשרותנו לשפר באופן משמעותי את המתקנים הקיימים הן בתחום חסכון האנרגיה, הן במישור הכלכלי והן בהגדלת משך התקופות בין התקלות (שיפור באמינות המערכת). כמו כן נמצא כי האחזקה יכולה להיות הרבה יותר קלה מהמצב הקיים.

עיקרי הפתרון הנדסי:

המתקן הנבחר, יפעל בשיטת אידוד ועיבוי של מי ים תוך ניצול אנרגיית מי קירור של מנוע טורבו-דיזל. שימוש בחום של מי קירור המנוע יצמצם את צריכת האנרגיה עלי די מערכת התפלת מים.

על מנת להגדיל את ניצלות המתקן (המוגדר ככמות מים מותפלים לכמות מים נכנסים) נשתמש בעקרון אידוד-דו-שלבי. שיטת האידוד דו-שלבי אומרת כי חלק מכמות המים אשר לא הותפלה באידוד הראשון תותפל באידוד השני.

דרישות לסטודנט:

1. ידע מעמיק בנושא של תרמודינמיקה.
2. ידע בסיסי בנושא של מעבר חום.
3. ידע בסיסי בתכן מכני והידראולי.
4. היכרות עם עקרונות פעולה של מתקני התפלת מי ים.
5. היכרות של תוכנת תב"ם.

3. שיפור נצילות של מנוע טורבו-דיזל ימי עלי די הוספת מחזור רנקין אורגני

מטרת הפרויקט : "לקבוע באם הוספת ORC (Organic Rankine Cycle) למנוע טורבו-דיזל כדאי מבחינה טכנו-כלכלית".

הפרויקט צריך לקבוע את מידת הגברת ההספק ונצילות המרבית כאשר "ORC" נבנה באופן אופטימלי עבור פרמטרים של גזי פליטה. על חומר העבודה להיות כלכלי, זמין אשר יספק את הנצילות התרמית הגבוהה ביותר למחזור. מתקני המחזור חייבים לעמוד בספיקות, לחצים וטמפרטורות גבוהות.

מחזור רנקין אורגני (ORC) משתמש בחום של גזים הנפלטים ממנוע טורבו-דיזל ימי ליצירת הספק נוסף כדי להקטין צריכת דלק של מנוע טורבו-דיזל. צריך לתכנן מחזור רנקין אורגני בשיטה אופטימלי כדי להשיג את נצילות תרמית המרבית. הפרמטר הכי הקריטי זה בחירה אופטימלית של חומר עבודה אורגני (אחד מהגזי פראון או HFC) למחזור רנקין אורגני. התכונות של גז הזה חייבים לספק ביצועי מחזור האופטימלי בתווך טמפרטורות הנתון.

יעדים:

1. יש לחשב את כל הפרמטרים וביצועים של מחזור רנקין אורגני
2. יש לבחור את טורבינה ומשאבות
3. יש לתכנן מאייד, מעבה ומחליף חום לרגנרציה של חום
4. יש לבצע את ערכת כדאיות כלכלית של מחזור רנקין אורגני

דרישות לסטודנט:

1. ידע מעמיק בנושא של תרמודינמיקה ומעבר חום.
2. ידע בסיסי בתכן מכני והידראולי.
3. היכרות עם עקרונות פעולה של מנוע טורבו-דיזל ומחזור רנקין אורגני - Organic Rankine Cycle (ORC)

4. Gas Turbine Power Augmentation by Multistage Injection of Treated Water into Compressor Stator Porous Blades

Gas turbine power augmentation can be achieved by different methods. Methods used today in power industry include:

- **Compressor inlet air evaporative cooling (fogging technology)**
This technology has the lowest capital investment, but its performance is heavily dependent upon ambient conditions (the minimum temperature to which inlet air can be cooled by evaporation of injected water spray is its wet bulb temperature). In practice, the maximum effect of power augmentation achieved by this method does not exceed 8.0% of the turbine nominal capacity.
- **Compressor intercooling.** Today this method is applicable only to aero-derivative gas turbines which have a specially designed space gap between the low pressure section and high pressure section. Intercooling is performed by injecting atomized cooling water spray into this gap. Industrial gas turbines do not have such a space gap and, subsequently no inter-cooling can be used for industrial gas turbines.
- **Compressor inlet air chilling** is the most widely used technology for industrial gas turbine power augmentation. The air chilling system includes absorption or electrically driven mechanical chiller with cooling tower and auxiliary equipment. Chilling systems are more effective than the fogging technology or intercooling and can provide power augmentation effect of 16% -18% of nominal capacity, but chillers are very expensive. Their capital and O&M costs are the highest among competing technologies.

- **Proposed new technology: Multistage injection of water into compressor stator porous blades**

This concept is based on injection of pressurized saturated water into compressor stator blades at all stages of compression (except the first and the last stages). The surface of stator blades should be made porous so the saturated water passing through porous wall would sustain substantial pressure drop and as result flash into compressed air. The cooling effect will be measured by the latent heat of vaporization multiplied by the water injection rate. The expected power augmentation effect for gas turbine is 20% at maximum capacity of electrical generator (hydrogen cooled).

The project goals:

1. Estimation of the maximum air cooling effect produced by water evaporation at different compression stages and determination of an optimal number of water injection stages limited by 20% power augmentation of gas turbine at nominal capacity. To achieve 20% power augmentation effect for gas turbine we may not have to use all compressor stages for water injection.
2. Optimal design of pressurized saturated water delivery and distribution system that provides the cooling effect by flashing through porous blades. This task will also include determination of number and diameter of pores (perforations) in the stator blades at each relevant compression stage.
3. Cost estimation of the multistage injection system. Cost - Benefit analysis relative to other available power augmentation technologies.

Items 2 and 3 should be performed for two options: **A.** Gas turbine operates in Brayton cycle with waste heat recuperation. **B.** Gas turbine operates in combined cycle.

The project implementation steps:

1. Calculation of Pressure, temperature, work and relative humidity at the exit of each selected compression stage of the given axial compressor.
2. Calculation of maximum vaporization rate that yields to 100% RH in the air at each selected compression stage. This will establish maximum theoretical cooling effect. After addition of vapor to air the overall volumetric flow must be recalculated. If the re-calculated volumetric flow exceeds

the value corresponding to the standard case (no water injection), then water injection rate or air flow should be adjusted in such a way that total volumetric flow remains the same.

3. Calculation of diameter and a number of pores (perforations) as well as associated pressure losses in the stator blades at each selected compression stage.
4. Hydraulic and mechanical design of multi-staged water injection system.
5. Cost - benefit analysis of the multi-staged air cooling system

Minimum requirements for student:

1. Good knowledge of thermodynamics, fluid mechanics and heat transfer.
2. Familiarity with basic performance analysis of gas turbines and compressors
3. Basic knowledge of cost - benefit analysis (engineering economics)

Full project implementation requires two students

One student will analyze option **A** and the other student - option **B**

5. Development of GT combined cycle new start-up procedure which reduces fatigue damage of HRSG and fuel consumption

Brief review of conventional start procedure of combined cycle

Conventional start procedure of combined cycle begins by gas turbine ventilation on crank rotation (about 500 rpm) during about 10 minutes. After the ventilation, fuel ignition is initiated in combustor(s) of gas turbine. At this moment a temperature of flue gases in gas turbine exhaust rises sharply from about 30°C up to about 450°C. During 3-5 minutes after the ignition, gas turbine rotation increases from crank speed (about 500rpm) to 3000 rpm – the synchronization speed. During these 3-5 minutes the exhaust temperature reduces by about 100°C.

After gas turbine generator synchronization, gas turbine increases its output up to its minimum environmental load (the minimum load with low emissions, usually 40-50% of nominal load) by about 5-10 minutes. During this time the exhaust temperature increases from about 350°C to about 500°C. Gas turbine stays at this load until HRSG heats up and produces a stable steam flow through superheater and re-heater, and steam turbine reaches synchronization speed. At this moment (in the case of multi-shaft configuration when steam turbine has its own electrical generator), the steam turbine generator is also synchronized. After this moment, both gas turbine and steam turbine raise their load up to their nominal load.

The gas turbine operation at minimum load (during HRSG and steam turbine heating up process) could take up to 90-100 minutes during a cold start, or 30-45 minutes during hot start.

This start procedure has two major drawbacks:

1. HRSG tubes suffer from sharp changes of inlet flue gas temperatures, which results in their thermal fatigue damage and, consequently, reduction of their life.
2. Prolonged stay of gas turbine on minimum load with extremely low efficiency results in high fuel consumption during combined cycle start procedure.

Proposed new technology:

Preliminary gradual heating-up of HRSG and steam turbine before the gas turbine ignition provides a significant reduction of the thermal fatigue damage during combined cycle start procedure.

Preliminary heating-up of HRSG shortens gas turbine start procedure, specifically operation on minimum load, and thus reduces fuel consumption during combined cycle start procedure. The preliminary heating-up is provided by in-duct burners, which are installed upstream of HRSG and use the air flow provided by the gas turbine operating on crank speed.

The project implementation steps:

1. Survey of start-up procedures of single-shaft and multi-shaft combined cycles
2. Survey of thermal fatigue correlation to metal temperature fluctuations.
3. Development of flue gas turbine exhaust flow-temperature model during combined cycle start procedure.
4. Development of HRSG tube heat transfer model during combined cycle start procedure using finite element method and performing subsequent thermal stress analysis.
5. Assessment of HRSG thermal fatigue damage during combined cycle start procedure
6. Comparative analysis of the existing and proposed combined cycle start-up procedures
7. Development of conceptual design of the system for preliminary heating-up of HRSG.

Minimum requirements for graduate students:

1. Solid knowledge of thermodynamics and heat transfer.
2. Basic knowledge of thermal fatigue principles
3. Familiarity with design and operation principles of heat recovery steam generator
4. Basic knowledge of cost - benefit analysis (engineering economics)

6. Techno-Economic Evaluation of coal fired power plant having de-NOx system (SCR -Selective Catalytic Reactor) installed after flue gas clean-up facilities.

By existing environmental regulations exhaust gases emitted by power plants must be cleaned from harmful emissions such as sulfur oxides (SO_x), nitrous oxides (NO_x), CO and particles (fly ash). SCR system that removes NO_x emissions from exhaust gas is located in the high temperature exhaust section upstream of other clean-up facilities. The reason for this design feature is the fact that maximum performance of SCR system occurs at high temperatures of exhaust gas.

At the same time, dirty exhaust gas that flows through the SCR plates made of porous catalytic material pollutes the catalyst and cause a drastic reduction in NO_x capture effectiveness over time. This makes the maintenance of SCR much more expensive. The replacement cost of catalyst block (or plate) is tremendous, also a very frequent washing of catalyst contributes to a sharp rise in the maintenance cost. The goal of the proposed project is to find less expensive solution to the problem of SCR catalyst degradation caused by various impurities in the exhaust gas.

Proposed solution: If instead of keeping the SCR system in its current location at power plant we install it after FGD (Flue Gas de-Sulfurization), ESP (Electro-Static Precipitator) and bag filters, the SCR will process the cleaner exhaust gas free of fly ash, soot, sulfur oxides and other pollutants. In this case the degradation of SCR catalyst will be much slower than in the current situation.

However, the transfer of SCR from high temperature to low temperature section of exhaust line will force the de-NO_x system to operate far from the optimal point of operation which is typically located in the temperature range of 300 - 350 C. To correct this problem, we need to heat up the exhaust gas to appropriate temperature and to achieve optimal operation of SCR on "clean" exhaust. There are two alternative approaches that can resolve this problem, but both options will have a different impact on the efficiency and the cost of power plant retrofit.

First method: Heating up the exhaust gas before it enters the SCR using natural gas fired burner. This method has a relatively low capital investment but may reduce the efficiency of power plant and increase the temperature of exhaust gas entering the stack.

Second method: Exhaust gas will be compressed before entering the SCR in order to obtain optimal temperature for SCR operation. After SCR the exhaust gas will be expanded in turbo-expander producing additional work and cooled exhaust gas.

In the framework of this project we intend to investigate both methods of SCR cost reduction and to choose the most cost-effective one.

Minimum requirements for student:

1. Solid knowledge of thermodynamics, heat transfer and fluid mechanics.
2. Basic knowledge of coal-fired power plant
3. Familiarity with compressors and turbo-expanders
4. Basic knowledge of cost - benefit analysis (engineering economics)

7. תכן ואנליזה של מחזור משולב מסוג IGCC ששורף מימן וCO בנפרד ולא יוצר פליטות פרט לCO₂ מרוכז בעל ערך מסחרי

רקע

במרוץ אחרי תהליך ליצור אנרגיה חשמלית בנצילות גבוהה, עלות מתונה ומינימום של פליטות המזהמים, היום עדיין מוביל מחזור משולב (מחז"ם) שעובד על גז טבעי.

מחירים של גז טבעי עלו וירדו הרבה פעמים בעבר ולפי ערכות שונות צפויות עליות במחירי גז טבעי גם בעתיד. יחד עם זאת, מחז"ם פולט NO_x ו-CO₂ לאוויר.

קיימת חלופת ייצור אנרגיה בעלת כאפס פליטות מזהמות ובנויה על 2 מחזורים מחזור קיטורי ראשון ששורף מימן בתא שריפה מיוחד (הקיים) שמספקת חום ליצור הקיטור שחון עבור טורבינת קיטור, ומחזור קיטורי שני ששורף תחמוצת פחמן (CO) בתא שריפה של טורבינת גז. שני דלקים (מימן וCO) הופקו בתהליך הגיזוז של שאריות נפט. שאריות נפט הם תוצרי לווי של תהליכי זיקוק הנפט ומחיריהם הרבה יותר נמוכים ממחירי גז טבעי. לכן יש לבדוק האם מחז"ם על מימן וCO יכול להיות חלופה למחז"ם על גז טבעי במישור הכלכלי. הסכמה של תהליך מצרפת לדף הזה.

מטרה ומשימות הפרויקט:

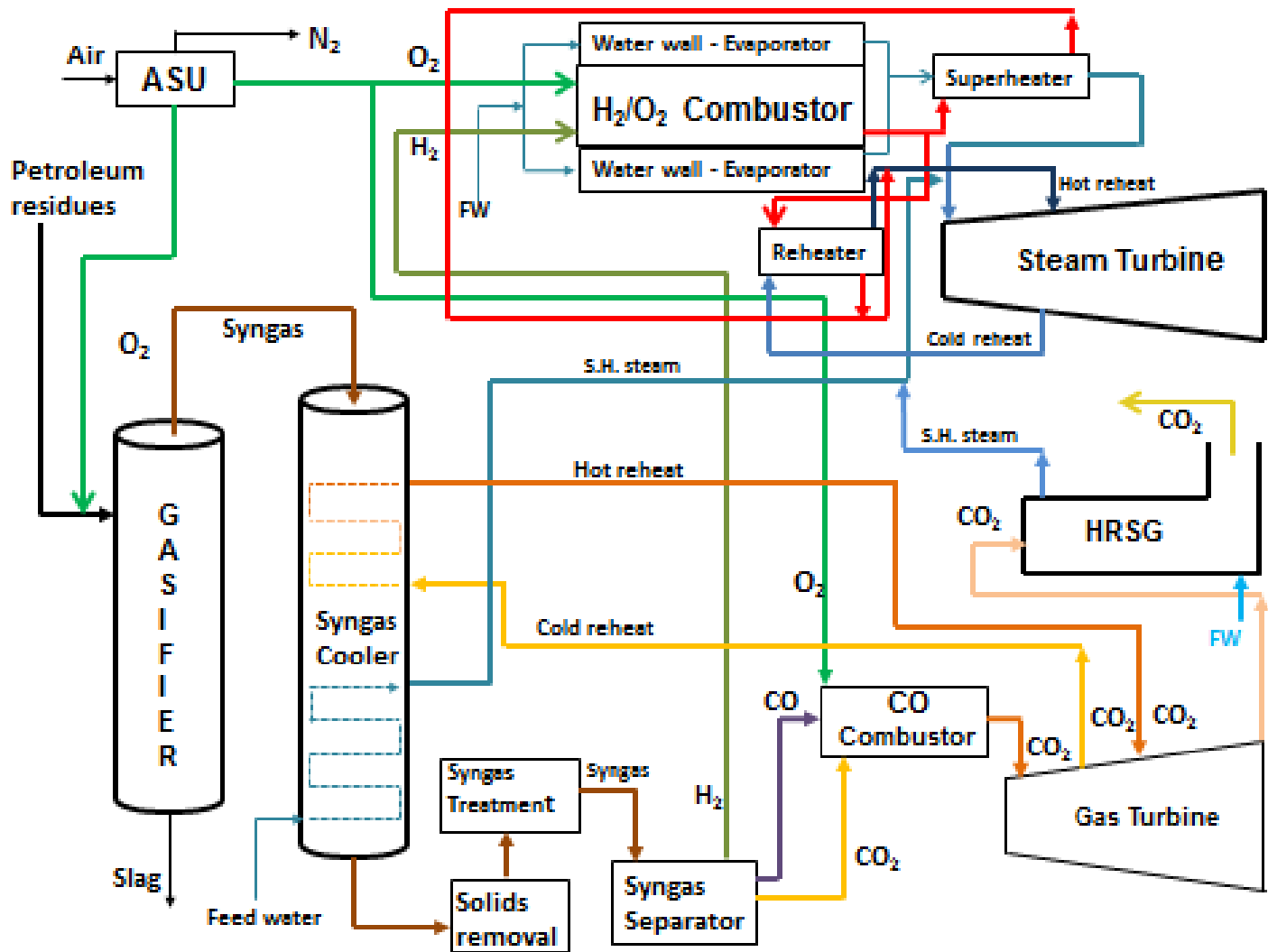
יש לתכנן מחזור משולב שמשמש במימן וCO בתור דלקים נפרדים ולקבוע את כל הפרמטרים שמשפיעים על ביצועי מחז"ם. התכנון יבוצע ברמה קונספטואלית. בשלב ראשון יש לבצע אנליזה תרמודינמית של מחזור הכולל צריך לחשב נצילות תרמית, ספיקות של דלקים, חמצן, מי הזנה, קיטור, הקזות, עומסים תרמים במרכיבים שונים של המחזור, צריכת אנרגיה עלי די משאבות ומדחסים, עבודות של טורבינות, לחצים וטמפרטורות בכניסה ויציאה של כל מרכיב המחזור.

נתונים של המחז"ם כוללים הספק נטו של כל המחזור, לחצים וטמפרטורות של קיטור שחון בכניסה לטורבינה, חימום חוזר, מאבה, מאייד, לחץ וטמפרטורה של חמצן ביציאה ממתקן הפרדת אויר ולחצים וטמפרטורות של מימן וCO אחרי תהליך גיזוז והפרדה.

אחרי תכן ראשוני של מחז"ם יש לבצע את אופטימיזציה של ביצועים שלו בעומס מרבי.

שלב אחרון של הפרויקט זה ביצוע אנליזה תכנו-כלכלית כדי לקבוע עלות הקמת המחז"ם, הוצאות שוטפות (O&M cost), והחזר על מחירות של חנקן והליום המתקבלים בתהליך הפרדת אויר.

דרישות מינימום לסטודנט: רקע בתחום תרמודינמיקה ומעבר חום. דרושה הבנה בסיסית של עקרונות פעולה של מחזורים משולבים. הבנה בסיסית של תהליכי שריפה - אתרון משמעותי. יש צורך בלימוד הנושא של תהליכי גיזוז של שאריות נפט, פחם וביומסה ברמה בסיסית.



8. Integration of Liquefied Air Energy Storage (LAES) with Gas Turbine Combined Cycle as a Tool for Cost-Effective Stabilization of Electrical System under Large Scale Renewable Energy Implementation.

Background: The economics of contemporary power generation dictates the necessity of fast response on the part of electrical utility to changes in demand for power. Peaking gas turbines operating most of the time in spinning reserve at minimum capacity could provide that, but their thermal efficiency is fairly low, also the cost of operating these turbines in spinning reserve is also very high and should be avoided whenever is possible. Combine cycles in spite of optimistic expectations, demonstrated limited capability of providing fast response to sharp changes in power demand. Also, when combine cycle operates on partial load, its efficiency significantly deteriorates. The operating experience of the last 15 to 20 years proved that combined cycles are much more effective and reliable in the base load operation than in the peaking or semi-peaking regimes. More rapid and cost-effective response to fast increase in power demand can be provided by liquefied air thermal energy storage (LAES).

Liquefied air thermal storage consists of quasi-isothermal compression train of several compressors and intercoolers assembled in sequence. This train compresses ambient air during the charging mode of operation. Compressed air flows to a series of packed bed towers containing small mineral solids that extract thermal energy from compressed air and store it. The last in the sequence of packed bed towers is kept initially at cryogenic temperature. When compressed air flows through cryogenic packed bed, its temperature steadily drops to the point of liquefaction (-186 C at 50 bar). Air exits cryogenic packed bed as a liquid at 50 bar and - 188 C. It is further expanded in cryogenic turbo-expander to the pressure level of 1.9 bars and temperature -193 C, and then directed to an insulated storage tank. During the discharge mode of operation liquid air exits the tanks, passes through the pump and the same sequence of packed beds in opposite direction, gains additional heat in the heat exchanger that uses waste heat from external source and finally enters the gas turbine - generator set that provides electric power back to the grid.

Proposed new technology: Integration of liquefied air energy storage (LAES) with gas turbine combined cycle (GTCC)

Integration of large scale energy storage with existing or new gas turbine combined cycle (GTCC) plant provides a proper loading of GTCC without shut downs for the periods of low demand for power or excessive load modulation during the day time and evenings. During the period of low demand for power energy storage accumulates energy produced by GTCC and stores it until demand for electricity in the grid sharply rises. At that moment energy storage discharges power back to the grid in parallel with the GTCC.

LAES should be sized in such way that in addition to its major function of energy charging and discharging device it could provide enough cold liquid air for cooling compressor inlet air (for GT power augmentation purposes) and condensing process in a bottoming cycle condenser. The latter will boost the efficiency of GTCC. This is additional feature of LAES - GTCC integration.

Due to strict environmental regulations the increase in solar and wind power production usually comes at the expense of fossil power production (from burning gas and coal). So, if power generating system includes significant solar or wind power capacity the latter will always get higher priority when power authority decides which power plant shall supply electricity to the grid first. This means that when high demand for power coincides with the period of solar or wind power availability, natural gas fired combined cycles and coal fired units must reduce their power production accordingly. It brings fossil power plants of all types into ineffective partial load operation or shut downs dictated by economic consideration. It increases the cost of power production from conventional power plants and reduces their reliability as well as time intervals between costly inspections of major equipment (increased O&M cost).

The presence of the integral LAES in the power generating system can alleviate this problem. When demand for fossil power substantially drops GTCC and coal fired units can supply part of their power output to LAES. That will keep their operating load at a relatively higher level with all the benefits of operation at high loads. Again, when demand for electricity rises toward the peak level, LAES will discharge electric power back to the grid at prices significantly higher than those that existed during the period of LAES charging.

The project goals:

8. Development of computerized model simulating operation of power generation system (including start-ups and shutdowns) which consists of coal-fired units, combined cycles, solar power plants and LAES facilities. Power generation capacity of each plant and LAES is yet to be determined. The model shall be based on realistic annual electricity demand curve.
9. Development of mass-flow-energy-emissions model of GTCC unit during its start-up, partial-load operation and shut down.
10. Techno-economic study of integration of LAES and GTCC units in comparison with shifting operation of GTCC alone.

Full implementation of the project requires two students.

Additional student can be accepted for development of project goal # 1 when solar power is replaced with wind power.

For a single student the project scope can be scaled down to development of project goal # 1 + cost benefit analysis for use of LAES.

Minimum requirements for students:

1. Good knowledge of thermodynamics and heat transfer.
2. Familiarity with conventional power plant principles of operation and performance of major equipment (turbines, compressors, steam generators and etc.)
3. Basic knowledge of cost - benefit analysis (engineering economics)
4. Basic programming capabilities using one of the following codes: FORTRAN, C, C++, Visual Basic, MATLAB