



ÓBUDAI EGYETEM

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Automatizálási és Energiarendszerek
Intézet

SZAKDOLGOZAT



OE-KVK
2025.

Hutvágner Botond
[REDACTED]
T010521/FI12904/K



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Automatika Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Hutvágner Botond

Szaktervezési szám: SZD2509100811003275JT8T67

Törzskönyvi szám: T010521/FI12904/K

Neptun kódja

Szak: villamosmérnöki (magyar nyelven) (Kaposvár)

Specializáció: Automatizálási specializáció

A dolgozat címe: Gázturbinás erőmű kazánrendszerének korszerűsítése

A dolgozat címe angolul: Boiler system reconstruction of a gas turbine power plant

A feladat részletezése: Egy gázturbinás erőműnél elengedhetetlen a meleg vizet szolgáltató kazánrendszer hatékony és megbízható működése, mind az épületüzemeltetés szempontjából, mind a turbina megfelelő üzemképességéhez. Valósítsa meg egy meglévő erőmű kazánrendszerének az újratervezését oly módon, hogy a rendszer üzemeltetési és biztonsági szempontból korszerűbb legyen a meglévőnél. A tervezés során legyen tekintettel a redundanciára, a fenntarthatóságra és a megbízhatóságra. A meglévő rendszer elemei közül használja fel azokat, amelyeket a folyamat során korszerűnek tart. A megtervezett rendszerhez készítsen szimulációt a teszteléshez. A rendszer vezérlését, illetve a szimulációt az SPPA-T3000 szoftverben készítse el!

Intézményi konzulens neve: Lamár Krisztián

Külső konzulens neve: Ölvedi Zoltán

Munkahelye: Siemens Energy Kft.

A kiadott téma elévülési határideje: 2027. 12. 15.

Beadási határidő: 2025. 12. 15.

A szaktervezési feladatot: Titkos.

Kiadva: Budapest, 2025. 12. 01.



Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: *

külső konzulens

belső konzulens



HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2025. 12-03.....

Hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	4
1. Bevezetés	6
2. Gázturbinák	7
3. Környezeti tényezők hatása a gázturbinákra.....	10
3.1. Páratartalom	10
3.2. Légköri nyomás	11
3.3. Hőmérséklet	12
4. Melegvíz rendszer fontossága egy gázturbinás erőműben	14
4.1. Üzemeltetési hőmérséklet fenntartása.....	14
4.2. Környezetszennyezési határértékek betartása.....	14
5. SPPA-T3000.....	15
5.1. Szoftver	15
5.2. Hardver	16
6. Fűtési rendszerek	18
6.1. Gázfűtés	18
6.2. Szilárd tüzelésű fűtőrendszerek	18
6.3. Hőszivattyú	19
6.4. Infrapanel	19
7. A meglévő rendszer	20
7.1. A rendszer működése	20
8. Az átalakított rendszer	22
8.1. Kazánok és azok működése	23
8.2. Víztartály feltöltése	24
8.3. Feltöltő szivattyúk.....	25

8.4.	Keringetőszivattyúk	26
8.5.	Gázrendszer.....	27
9.	Szimuláció.....	28
9.1.	Pótvízartály	28
9.2.	Gázfogyasztás	29
9.3.	Gáznyomás.....	30
9.4.	Egyéb szimulációk.....	31
10.	Megvalósítás	32
11.	Kazánrendszerek biztonságtechnikája	34
11.1.	Túlnyomás.....	34
11.2.	Lángfigyelés.....	34
11.3.	Vízérzékelés.....	35
11.4.	Gázrendszer.....	35
12.	További fejlesztési lehetőségek	36
13.	Összegzés.....	38
14.	Summary.....	39
	Irodalomjegyzék.....	40
	Ábrajegyzék.....	41

1. Bevezetés

Elsősorban fontos tisztázni, hogy dolgozatomban a fűtési melegvíz (továbbiakban: melegvíz) megnevezés a fűtési rendszert ellátó melegvízként értendő, nem összekeverendő a használati (háztartási) melegvízzel!

A meglévő rendszerben jelenleg egy 4 MW-os (továbbiakban 1. számú), és egy 2 MW-os (továbbiakban 2. számú) gáztüzelésű kazán biztosítja az erőmű fűtési melegvíz-ellátását. Jelen esetben amennyiben az 1. kazán valamilyen hiba vagy karbantartás miatt működésképtelen, a 2. kazán – kisebb teljesítménye miatt – nem tudja kiszolgálni a fűtési melegvíz szükségleteket. Ennek érdekében a két kazánt három, azonosan 2 MW-os gáztüzelésű kazánra érdemes cserélni. A kazánok cseréjével az irányítástechnikai megoldásokat is kell / érdemes módosítani. A kazánok vezérlésén kívül a szelepek, motorok működését, a logikát is lehet változtatni, a modern, fejlett viszonyokat figyelembe véve.

Habár beüzemelés szempontjából költségesebb három egység telepítése, abban az esetben, ha a szükséges teljesítmény átlagosan maximum 4 MW, több szempontból is érdekesebb ezt a megoldást választani:

- Redundancia: Amennyiben az egyik kazán üzemképtelen, a másik kettő probléma nélkül tudja helyettesíteni azt.
- Élettartam: A három kazánt felváltva tudjuk használni, így azonos időszak alatt egy kazán kevesebb üzemórát működik
- Egységesítés: Azonos típusú berendezések esetén egyszerűbb az alkatrészbeszerzés

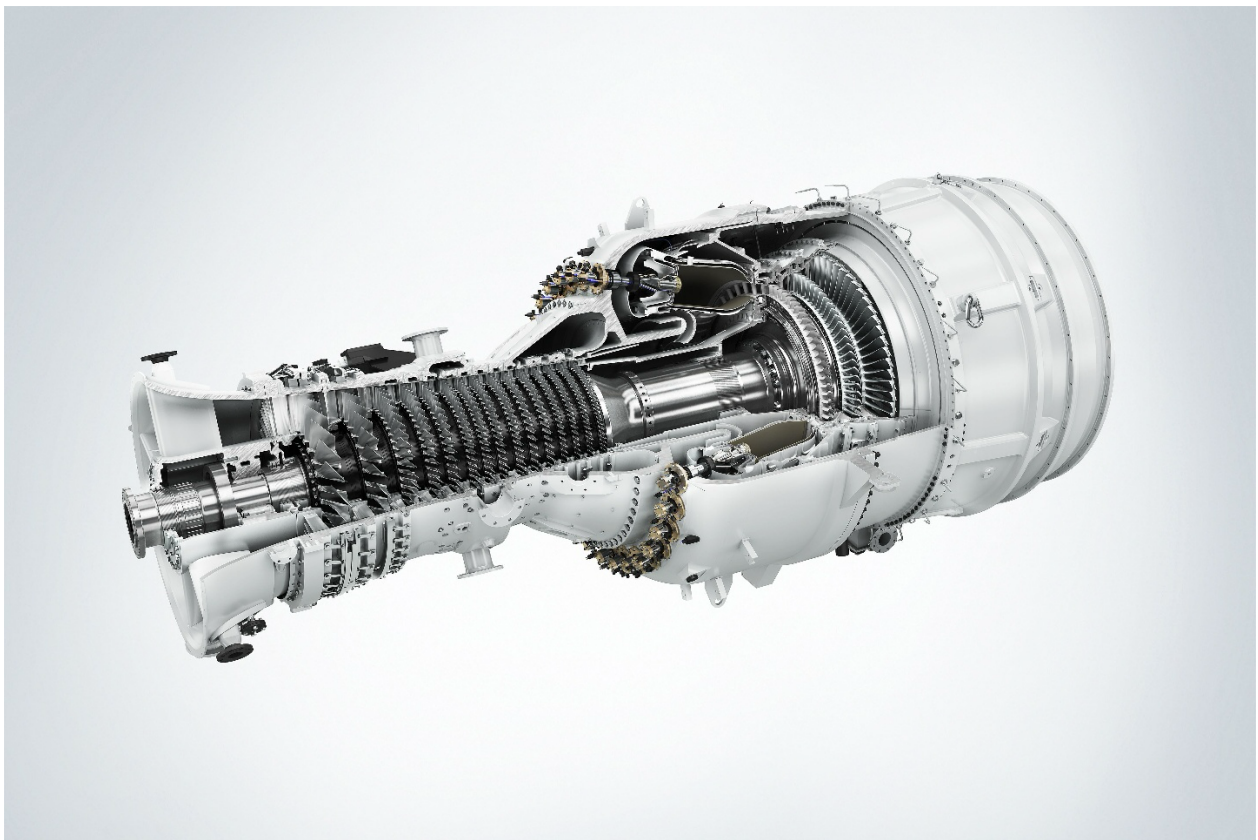
A korszerűsítéssel amellet, hogy a fenti szempontokat, köztük a biztonságot biztosítjuk, újabb, modern kazánok telepítésével növeljük a rendszer hatékonyságát. Ez egy gázturbinás erőműnél kiemelten fontos több szempontból is.

2. Gázturbinák

Gázturbinákat a világ szinte minden pontján telepítenek. Elsősorban villamosenergia termelésre használják őket, azonban forgómozgásukat kihasználva erőgépként is alkalmazhatóak. Könnyen telepíthetők, más erőművekhez képest olcsóbbak, és mivel régóta fejlesztik őket megbízható, stabil gépek.

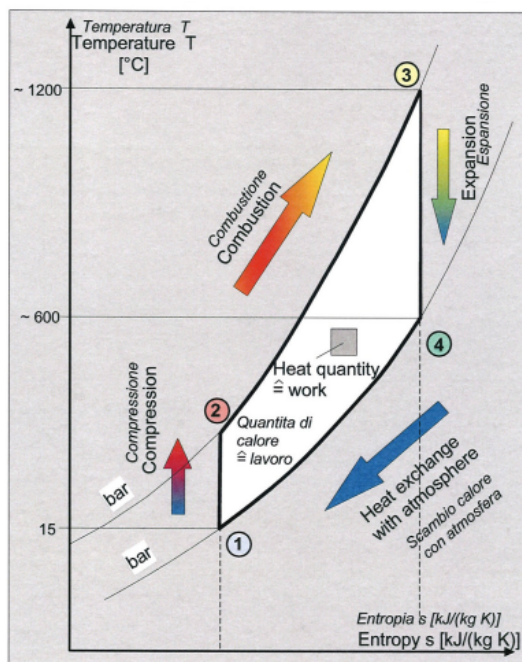
Villamosenergia termeléshez kifejezetten ideális. Gyors üzembehelyezhetősége miatt gyakran használják csúcserőműveknél, ahol fontos, hogy a megnövekedett energiaigényt gyorsan kiszolgálják.

A gázturbina megnevezés a turbina üzemanyagául szolgáló földgázból ered. Azonban az évek során számos kutatás és fejlesztés eredményeként ezek a gépek nem csak gázzal, hanem olajjal és hidrogénnel is működhetnek, azonban ezekben az üzemmódokban a kimeneti teljesítmény csökken.



2.1. ábra Siemens SGT-800 gázturbina [1]

Bármilyen gázturbináról beszélünk, annak működési elve a Brayton-cikluson alapul. Ez egy nyitott termodinamikai körfolyamat, mivel a levegőt a környezetből vesszük, és a kipufogógázt is oda engedjük ki. [2]



2.2. ábra A Brayton-ciklus [3]

Első lépésként a beszívott levegőt egy kompresszor segítségével sűrítjük, ezáltal annak nyomása és hőmérséklete megnő. A megnövekedett nyomású levegő az égéstérbe kerül, ahol a befecskendezett üzemanyag elég, ezzel tovább növelve a levegő hőmérsékletét. Ez a forró (nagyjából 1000-1200 °C-os) levegő meghajtja a turbinalapátokat. Ez működteti a kompresszort és a turbinára csatlakozó külső eszközt (például generátort). Ezt követően a forró kipufogógázt visszaengedjük a környezetbe.

Ez a folyamat tökéletesen leírja egy nyitott ciklusú gázturbina működési elvét. A turbina méretétől függően 5 – 700 MW teljesítményű rendszerek léteznek, hatásfokuk típustól, környezettől függ, de elmondható, hogy 40-50% között mozog.

Lehetőség van azonban a gázturbina kimenő hőjét tovább hasznosítani: A kipufogógázt nem a környezetbe engedjük, hanem egy hőcserélő segítségével gőzt állítunk elő, amelyet egy gőzturbina hasznosít. Ezt a rendszert kombinált ciklusú gázturbinának nevezik.

A kombinált ciklusú erőművek sokkal gazdaságosabbak és környezetkímélőbbek, mint az egyszerű ciklusúak. Nő a kimeneti teljesítmény, jobb lesz a hatásfok, illetve az emissziós tényezők is javulnak, mivel a kipufogógázt újrahasznosítjuk.

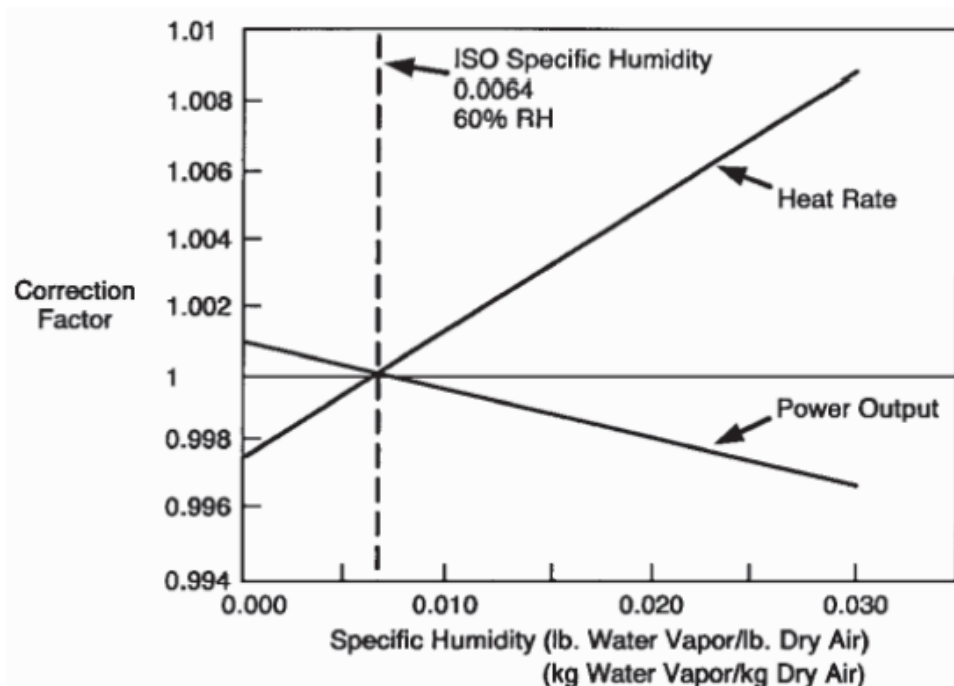
Példának egy Siemens SGT-800 gázturbina adatai: Nyílt ciklusú működés során a kimeneti teljesítmény 50,5 MW, hatásfoka 38,3%, hőfogyasztása 9,389 kJ/kWh. Kombinált ciklusban az erőmű teljesítménye elérheti a 80,7 MW-ot, hatásfoka az 58 %-ot, a hőfogyasztás pedig a 6,207 kJ/kWh értéket. Ez a hőfogyasztás mutatja meg nekünk azt, hogy kombinált ciklusban ugyanakkora teljesítmény eléréséhez kevesebb üzemanyagot kell felhasználnunk.

3. Környezeti tényezők hatása a gázturbinákra

Általánosságban elmondható, hogy egy gázturbina telepítésénél figyelembe kell venni a környezeti körülményeket. A páratartalom, a légköri nyomás és a külső hőmérséklet mind hatással van a turbina teljesítményére, hatásfokára.

3.1. Páratartalom

A páratartalomról elmondható, hogy azonos körülmények között a páratartalom minimális változása is jelentős mértékben befolyásolja a turbina kimeneti teljesítményét és a hatásfokát is. Az alábbi ábrán egy GE Vernova márkájú, GER-3567H típusú gázturbina kimeneti teljesítményének és hatásfokának korrekciós érték-változásának a függvénye látható.

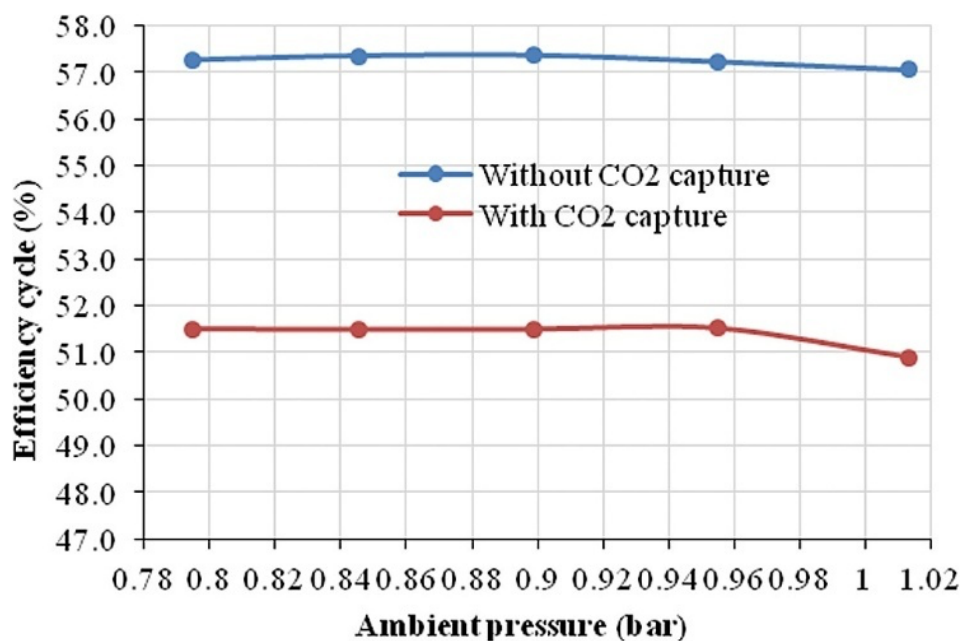


3.1. ábra Teljesítmény és hatásfok változása a páratartalom függvényében [4]

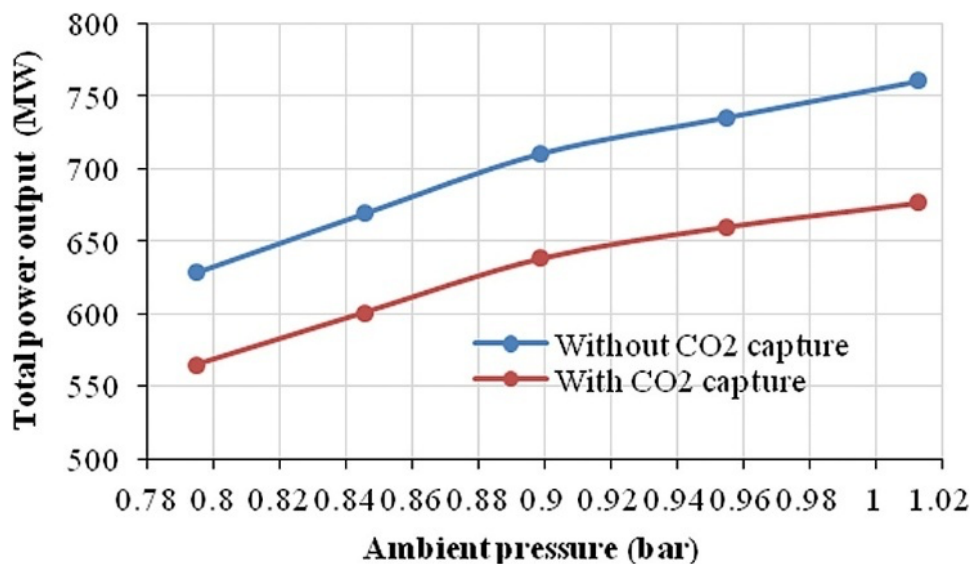
Látható, hogy a relatív páratartalom növekedésével a teljesítmény csökken, míg a hőfogyasztás (heat rate) sokkal meredekebben nő.

3.2. Légköri nyomás

A nyomás változása szintén befolyásolja a teljesítményt, azonban a turbina hatásfokán nem változtat. A tengerszinthez viszonyítva minél magasabbra telepítenek egy turbinát, annál kisebb lesz a légköri nyomás, ezáltal kisebb lesz a kimeneti teljesítmény is.



3.2. ábra Nyomás - hatásfok jelleggörbe [5]



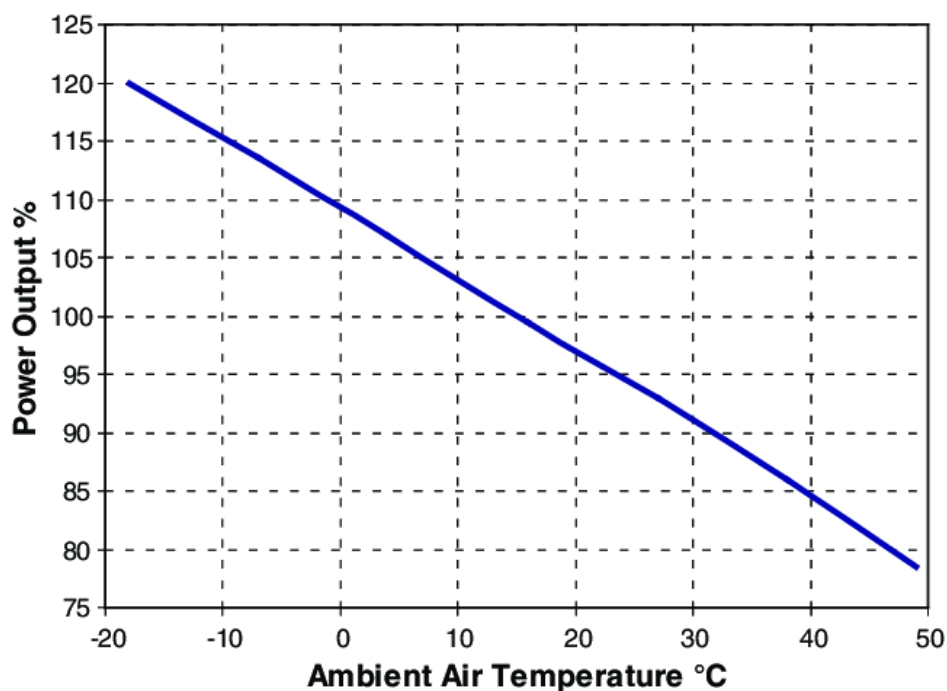
3.3. ábra Nyomás - teljesítmény jelleggörbe [5]

Az ábrákról leolvasható, hogy a légköri nyomás 200 mbar-nyi növekedésével a hatásfok egy százalékon belül változott. Ez elhanyagolható ahhoz képest, hogy a nyomás ugyanekkora növekedésnél a kimeneti teljesítmény körülbelül 557 MW-ról 750 MW-ra ugrott.

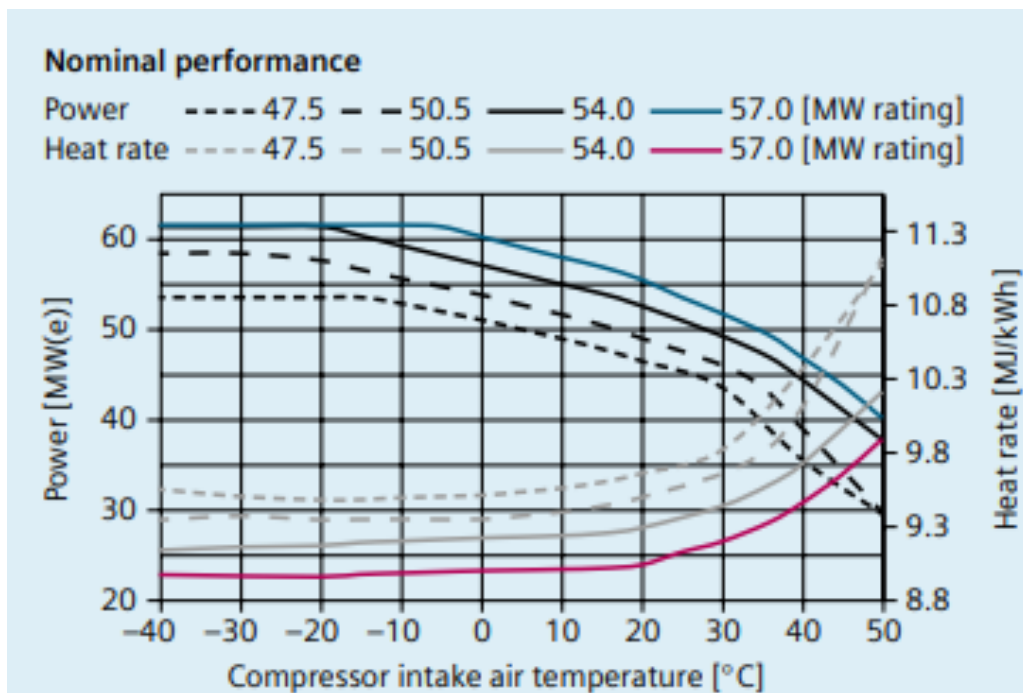
3.3. Hőmérséklet

A legjelentősebb környezeti tényező, amely a legnagyobb mértékben befolyásolja mind a teljesítményt, mind a hatásfokot, az a hőmérséklet. Ahogyan az alábbi ábrákon is látható, minél melegebb környezetben telepítjük a turbinát, annál nagyobb hőfogyasztást, és kisebb kimeneti teljesítményt kapunk.

Egy turbina tervezésénél figyelembe kell venni azt, hogy a világ számos, különböző éghajlatú pontján telepítik ezeket, így egy medián pontot kell figyelembe venni. Amint a 3.4. ábrán is látható, ez a középpont átlagosan nagyjából 15 °C, ide tervezik a 100%-os teljesítményt.



3.4. Ábra Kimeneti teljesítmény függvénye a hőmérséklet vonatkoztatásában [6]



3.5. ábra Teljesítmény és hőfogyasztás változása egy Siemens SGT-800 turbinán [7]

Az ábrákat megnézve azt gondolhatjuk, hogy akkor minden telepítésnél célszerű lenne minél hidegebben tartani a turbinát. Megvalósítható, azonban amellet, hogy hatalmas költség lenne egy olyan rendszer, amivel hűthetjük a léghőrt, ennek meghibásodása számtalan problémával jár.

Minden gázturbina telepítése során mindig az adott környezethez finomhangolják a turbinát, és a kiegészítő egységeket is. Ezért ahelyett, hogy állandóan csak hűtenénk, törekedni kell arra, hogy lehetőség szerint állandó hőmérsékleten működjön az erőmű.

4. Melegvíz rendszer fontossága egy gázturbinás erőműben

Egy jól működő, hatékony és biztonságos fűtési rendszer elengedhetetlen része nem csak egy erőműnek, de a világ bármely pontján található épületnek, ahol fűteni szükséges. Azon túl, hogy az emberi komfortérzetet megtartani szükséges, bizonyos gépek sem tudnak megfelelően működni az előírtnál alacsonyabb hőmérsékleten.

Egy gázturbinánál két fontos szerepe is van a melegvíz rendszernek.

4.1. Üzemeltetési hőmérséklet fenntartása

Az általam választott erőmű, és az abban található turbina egy viszonylag régi, 1949-es építésű épületben található. Habár az elmúlt 76 évben rengeteg felújítás történt, az épület szerkezete nem változott. Belsejében az időjárási viszonyokhoz hasonlóan ingadozik a hőmérséklet.

Magyarországon az éves átlagos hőmérséklet 10 – 11,5 °C között van. [8] Ez (ha az előző fejezetben taglalt számokat nézzük) egy átlagos turbinánál a közel 100 %-os teljesítményéhez köthető. Azonban az év során van, hogy a hőmérséklet esetenként a -10-20 °C-ot is eléri.

Ezekben az időszakokban fűteni kell a turbinahelyiséget, hogy az megfelelően működjön.

4.2. Környezetszennyezési határértékek betartása

A gázturbinák kipufogógázának egyik legkárosabb mellékterméke a Nitrogén-oxid (NOx). Ez a vegyület jellemzően magas hőmérsékleten jön létre, ahol a hőenergia hatására a Nitrogén (N₂) molekulái disszociálódnak, és az oxigénnel (O₂) vegyülve létrejön a NOx.[9]

Ennek csökkentésére (deNOx) a gázturbinák égésterébe, az üzemanyaggal párhuzamosan vizet fecskendeznek. Ezzel a módszerrel az égésteret hűtik, ezáltal a disszociálódás lassabban és kisebb mértékben megy végbe, tehát a kibocsátott NOx mennyisége kevesebb lesz.

Ehhez a folyamathoz megfelelő hőmérsékletű és mennyiségű vizet kell fecskendezni. Egy jelenleg is zajló fejlesztés és kutatás eredményeképp akkor lesz a leghatékonyabb a deNOx, ha a befecskendezett gázhoz pontosan 17,8 °C hőmérsékletű vizet adagolunk 1:1.06 arányban.

Ezt a vízhőfokot télen úgy tudjuk elérni, ha azt valamilyen módon melegítjük. Ehhez tökéletes a kazánrendszer melegvize. Egy hőcserélőn keresztül melegítjük a beáramló vizet úgy, hogy az állandóan és pontosan a megadott hőmérsékletű legyen.

5. SPPA-T3000

Az SPPA-T3000 (továbbiakban T3000) a Siemens Energy által fejlesztett folyamatirányító és felügyeleti rendszer (DCS – Distributed Control System). [10]

A program elsősorban erőművi rendszerek (gázturbinás, kombinált ciklusú, hőerőmű) működtetéséhez, automatizálására lett tervezve. A rendszer a korábban használt Siemens PCS7 utódja. A program fejlesztésének célja egy egyedi mégis egységes, átlátható rendszer megalkotása, amelyben egyszerre lehet kezelni egy erőmű minden alrendszerét. Ezek közé tartoznak például az energiatermelő egységek, épületüzemeltetési rendszerek, biztonsági és felügyeleti berendezések.

5.1.Szoftver

A szoftver a korábbi PCS7 rendszeren futó, JAVA-alapú program. A korábbi szoftverhez képest egy sokkal modernebb, átláthatóbb alkalmazást kapunk. Fontos újítás, hogy bizonyos szimbólumokat, grafikus megjelenítéshez használt elemeket egységesítettek, így a kezelés sokkal egyszerűbbé vált.

A program lehetőséget ad mind programozásra, mind Human-Machine Interface (HMI) készítésére.

A programozás funkcióblokkokkal történik. Az előző, és más ehhez hasonló rendszerhez képest, itt találhatunk kifejezetten az erőmű elemeihez kapcsolódó, előre megírt blokkokat (scripteket). Ezek lényege, hogy bizonyos funkciókat és logikákat nem kell minden programrészben újra és újra megírni. Egy ilyen blokk integrálásával sok-sok órányi programozást spórolhatunk meg. A programozást az alkalmazáson belül az úgynevezett *Function diagram* lapokon végezhetjük.

A HMI készítésére a *Plant display* oldalak állnak rendelkezésre. Ezeken szövegeket, szimbólumokat, egyéb grafikákat helyezhetünk el. Bizonyos alkatrészek (pl. motorok, szelepek) saját szimbólummal rendelkeznek, ezeket egy külön könyvtárból érhetjük el.

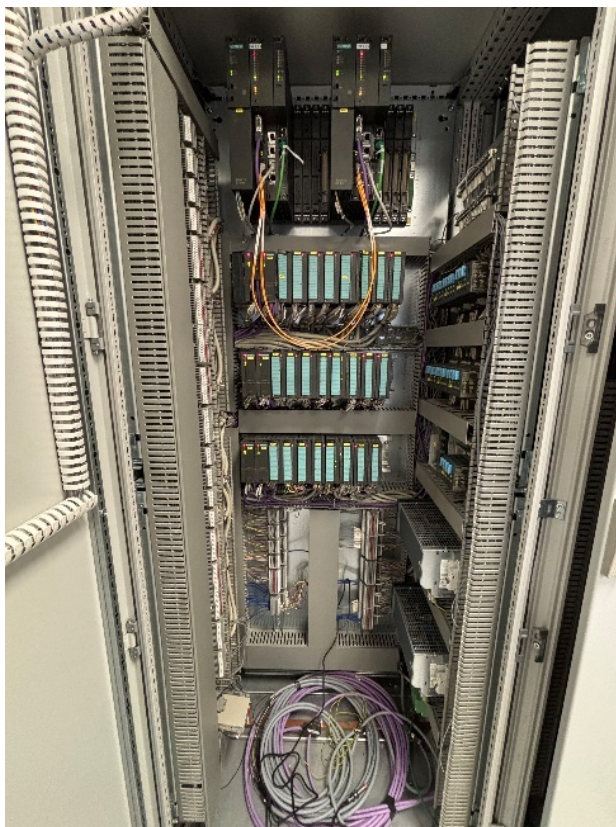
A program lehetőséget ad a különböző rendszerek szimulációjára. A meglévő, valós hardverelemekkel párhuzamosan létrehozhatunk úgynevezett *MIRROR* egységeket. Ezek szerepe, hogy a már meglévő programon ne kelljen módosítanunk, hanem virtuális vezérlőket alkalmazva saját szimulációs logikával adjunk meg bizonyos bemeneti értékeket. Ehhez a szerver szolgáltat órajelet.

5.2. Hardver

A hardver természetesen minden felhasználási helynél eltérő, azonban az alapvető rendszerelemek megegyeznek.

A rendszer egy szerveren fut, ezzel lehetővé téve a távoli elérést. A szerver és a vezérlők ipari Ethernet hálózaton kapcsolódnak, míg a helyi eszközök Profibus DP és Profinet használatával kommunikálnak.

A logikai vezérlő minden esetben Siemens SIMATIC S7-400. Ehhez kapcsolódnak az ET200 SP ki-, és bemeneti kártyák, illetve a „monitoring & protection” eszközök.



5.1. ábra Egy T3000 rendszerszekrény általános felépítése

Fontos megjegyezni, hogy minden esetben minden eszköz redundánsan van telepítve. Ez azt jelenti, hogy minden vezérlőből, ki-, és bemeneti kártyából, és a szerverből is legalább kettő van telepítve, így amennyiben valamelyik meghibásodik, a másik egység továbbra is ellátja a feladatot, ezzel biztosítva a rendszer folytonosságát, megbízhatóságát.

6. Fűtési rendszerek

Az újratervezéséhez és a meglévő rendszer működésének megértéséhez először szükséges megismerni a különböző fűtési rendszereket.

Ma már számos különböző lehetőségünk van épületek fűtésére.

6.1. Gázfűtés

A gázfűtési rendszerek működése a földgáz elégetésén alapul. Az égési folyamat a gázkazánban történik. Az itt termelt hővel egy hőcserélőn keresztül vizet melegítünk, ezt egy zárt rendszerben keringetve juttathatjuk el az épület különböző pontjaiba. Ipari alkalmazásban ez a legelterjedtebb megoldás, mivel automatikusan működik, és megbízható.

A régebbi, egyszerű gázkazánokhoz képest jobb hatásfokkal rendelkeznek a manapság egyre elterjedtebb kondenzációs gázkazánok. Ezek előnye, hogy a működés során a kiáramló – magas hőmérsékletű – füstgázt is felhasználják fűtésre.

6.2. Szilárd tüzelésű fűtőrendszerek

A szilárd tüzelésű rendszerek a gázkazánok mellett az egyik legelterjedtebb fűtőegységek Magyarországon. [11]

A fűtési elv itt is a fűtőanyag égetésén alapul. A legnépszerűbb szilárd tüzelőanyag a fa, de számos további fűtőanyaggal találkozhatunk. Ezeknél a rendszereknél két csoportot érdemes elkülönítenünk:

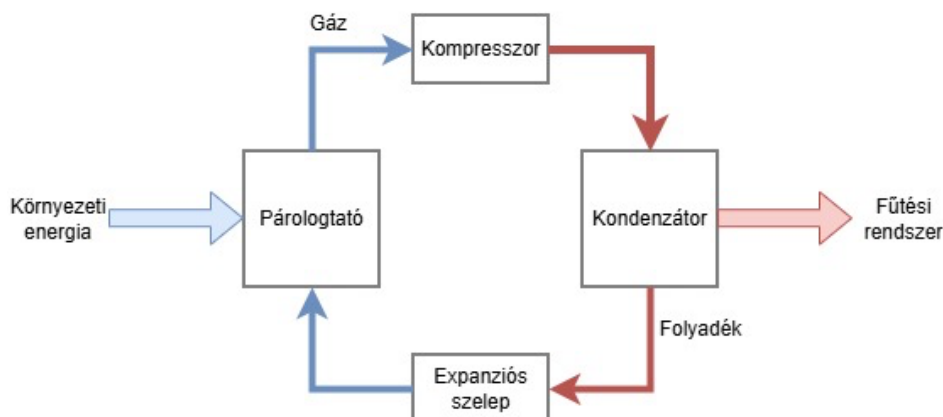
A decentralizált fűtési rendszerek (pl. cserépkályha) elavult technológiának minősülnek. Ipari környezetben, vagy nagyobb méretű épületeknél használatuk egyszerűen értelmetlen. Működési elvük, hogy a megtermelt hőt közvetlen az égés helyén adják le.

A központi fűtés elvén működő rendszerek (hasonlóan a gázkazánokhoz) megtermelik a hőt, majd azt más helyen adják le.

Ezen rendszerek hátránya, hogy a fűtőanyagot manuálisan kell adagolni, így a rendszer teljes automatizálása nem megoldható, emellett az égés melléktermékeként hamu keletkezik, amelyet szintén kezelni kell.

6.3. Hőszivattyú

Manapság egyre elterjedtebb fűtési megoldás a hőszivattyúk alkalmazása ipari és otthoni környezetben is. Működésük egyszerű: A környezetből elvont hőből villamosenergia segítségével melegvizet hoznak létre.



6.1. ábra Hőszivattyú elméleti felépítése

A működés során a rendszerben található folyadék egy párolgatón áthaladva hőt von el a környezettől és gázzá alakul. Ezt egy kompresszorral sűrítjük, ami által a nyomása és hőmérséklete megnövekszik. A kondenzátorban ez a sűrített gáz folyékonnyá válik, miközben hőt ad le a fűtési rendszer felé. Az expanziós szelepen áthaladva a folyadék nyomása és hőmérséklete csökken, így visszatér a folyamat elejére. [12]

A hőszivattyúknak több előnye van az egyéb fűtési rendszerekkel szemben: Nincs károsanyag-kibocsátásuk, hatásfokuk kiemelkedően magas, automatizálásuk egyszerű. Hátrányuk viszont, hogy a telepítési, karbantartási, és beüzemelési költségük sokkal nagyobb, és a teljesítményüket nagyban meghatározza a külső hőmérséklet.

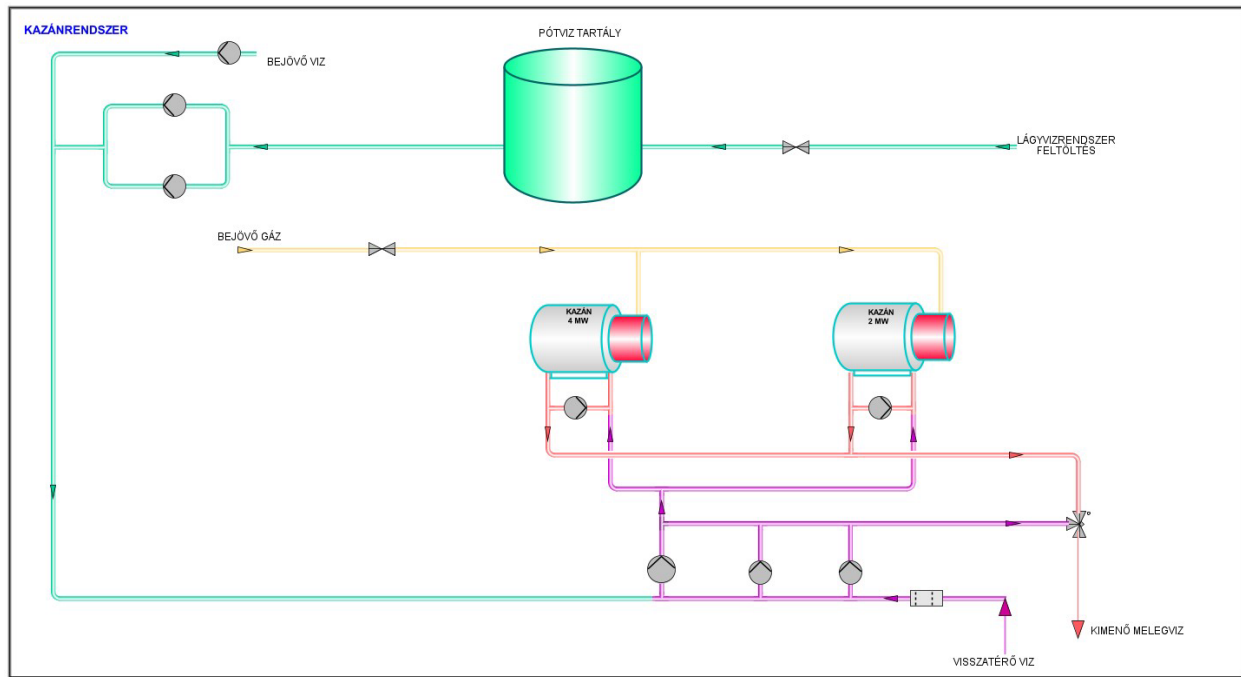
6.4. Infrapanel

Amennyiben az ember tisztán elektromossággal szeretne fűteni, az egyik legjobb megoldás az infrapanelek alkalmazása. Lényege, hogy áram segítségével infravörös sugarakat bocsájt ki, amelyek a helyiségben található szerkezeteket melegítik fel, így azok hőtárolóként viselkednek. Előnye, hogy viszonylag olcsó, és könnyen alkalmazható, azonban a decentralizált szilárd tüzelésű rendszerhez hasonlóan nagy helyiségeket nem tud felfűteni, ebből adódóan ipari környezetben való alkalmazásra kevésbé alkalmas.

7. A meglévő rendszer

A meglévő kazánrendszer 2000-ben épült meg. 2012-ben felújításon esett át, ekkor váltották le az addigi Siemens PCS7 vezérlést T3000-re. Erre azért volt szükség, mert az erőmű egyéb részegységeinek vezérlése eddigre már abban a programban futott. Így egy rendszerben, átláthatóbban lehet a teljes erőmű minden egységét felügyelni.

A rendszer alapja két egyedi gyártású, hagyományos cirkulációs gázkazán 4 és 2 MW hőteljesítménnyel.



7.1. ábra A meglévő rendszer elméleti felépítése

7.1.A rendszer működése

A rendszert lefutó vezérléssel működtetjük. Az első indítás során első lépésként a *PÓTVÍZ TARTÁLY*-t kell feltöltenünk, amely az erőmű vízelőkészítőjéből érkezik. Ehhez szükséges feltétel, hogy a tartály alacsony szint érzékelője jelet adjon. Amint a tartály megtelt, a betáplálás leáll.

Amennyiben a *PÓTVÍZ TARTÁLY* rendszerében valamilyen hiba áll fenn, lehetőségünk van közvetlen a vízelőkészítőből feltölteni a rendszert.

Ezután egy szivattyú segítségével feltöltjük a rendszert a vízzel. Erre két azonos eszköz áll rendelkezésre. A program elindítása előtt lehetőségünk van kiválasztani, hogy melyik szivattyú működjön. Ez alaphelyzetben az 1. számú. Ezzel párhuzamosan elindítjuk a keringetőszivattyúkat és teljesen megnyitjuk a kimenő oldal szelepét. Itt, és a program további részeiben is érvényes, hogy egyszerre minimum kettő keringetőszivattyúnak kell működnie, ezek frekvenciáját változtatva működtetjük őket. Ezt szintén a vezérlés indítása előtt, manuálisan tudjuk kiválasztani.

Amint a rendszerünk feltöltött, azaz elérte a megfelelő nyomást a feltöltő szivattyúk leállnak, és elindul a fűtőanyag áramlása.

A beállított hőmérséklet alapján a rendszer kiválasztja, hogy melyik kazán működjön, és elindítja azt. A felfűtés során a hőszabályzó szelep teljesen nyitva van. Ez azt jelenti, hogy a visszatérő ágról nem enged át vizet, tehát kizárólag a kazánokból érkezik a víz.

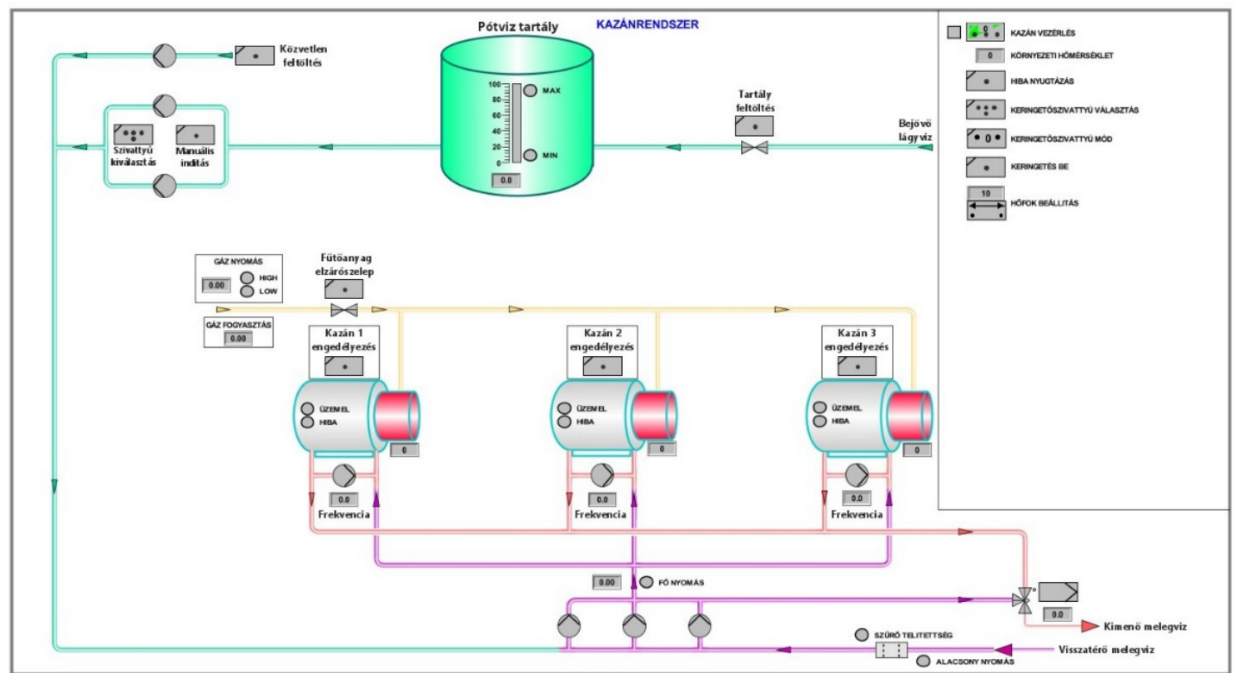
A beállított hőmérséklet elérése után megnyit a szelep, a kazánok és a fűtőanyag-szállítás leáll.

8. Az átalakított rendszer

Az új egység tervezésénél először a rendszer teljes újratervezése/építése volt a célom, azonban az első tervek után arra az álláspontra jutottam, hogy a már meglévő, ipari környezetben bizonyított alkatrészeket és gépészeti elemeket hatékonyan fel lehet használni.

Első körben az új HMI-t készítettem el. A grafikus elemeket megtartottam, mivel az erőmű többi rendszerénél is ezeket használják, így egységes lesz, másrészt az ezt kezelő operátornak sem kell egy teljesen új vezérlőt megszoknia.

Az új képernyő megalkotásánál fontos szempont volt, hogy olyan információk, adatok is megjelenjenek, amelyek normál működés esetén nem lényegesek, azonban egy esetleges hibafeltáráskor egyszerűbbé teszik a problémák felfedezését. Ilyenek például a gáz nyomása, fogyasztás, a rendszer fő víznyomása, keringetőszivattyúk működését figyelő frekvencia visszajelzés.



8.1. ábra Az új rendszer HMI felülete

Az új vezérlés megalkotásánál figyelembe vettem olyan szempontokat, amelyek a rendszer tartósságát, a megbízhatóságot növelik.

8.1.Kazánok és azok működése

Az egész rekonstrukció alapötlete a kazánok lecserélése. A meglévő két kazán elavult, régi technológiával működik.

Az új kazánok telepítésével nem csak a rendszer biztonsága, megbízhatósága javítható, de a hatásfokot is növelhetjük. Bár tervemben nem szerepel a tényleges megvalósítás, megemlíteném, hogy korszerű, kondenzációs gázkazánok telepítése a legcélszerűbb.

A három, azonosan 2 MW hőteljesítményű gázkazán közül normál üzemmódban legfeljebb kettő működik egyszerre. A kazánok kiválasztását a rendszer automatikusan végzi. Mindegyik kazánnál rögzítjük, hogy mennyi üzemórát működött az adott egység, ez alapján a rendszer mindig azt indítja, amelyik kevesebbet futott. Ez alapján a továbbiakban az egyszerűség kedvéért az alábbi megnevezéseket használom:

- Legkevesebbet futott: 1. kazán
- Közepesen futott: 2. kazán
- Legtöbbet futott: 3. kazán

Indításkor az 1. kazán indul először. Amint elérte a teljesítménye 75%-át, de a rendszer hőmérséklete még nincs a beállított értéken, elindul a 2. kazán is. Amennyiben a 2. kazán 100%-os teljesítményen működik, de még mindig nincs meg a kívánt hőfok, elindul a harmadik kazán is. Ez a felfutási logika, ebben az esetben megengedett a három kazán egyidejű működése.

Amint a rendszer eléri a megadott hőmérsékletet (megengedett hiszterézis $+5^{\circ}\text{C}$), a futási idő alapján a legtöbbet futott kazánnal kezdve leállítja azokat. A folyamat további részében amint a megadott érték alá csökken a hőmérséklet (a hiszterézis -3°C), az 1. kazán ismét bekapcsol.

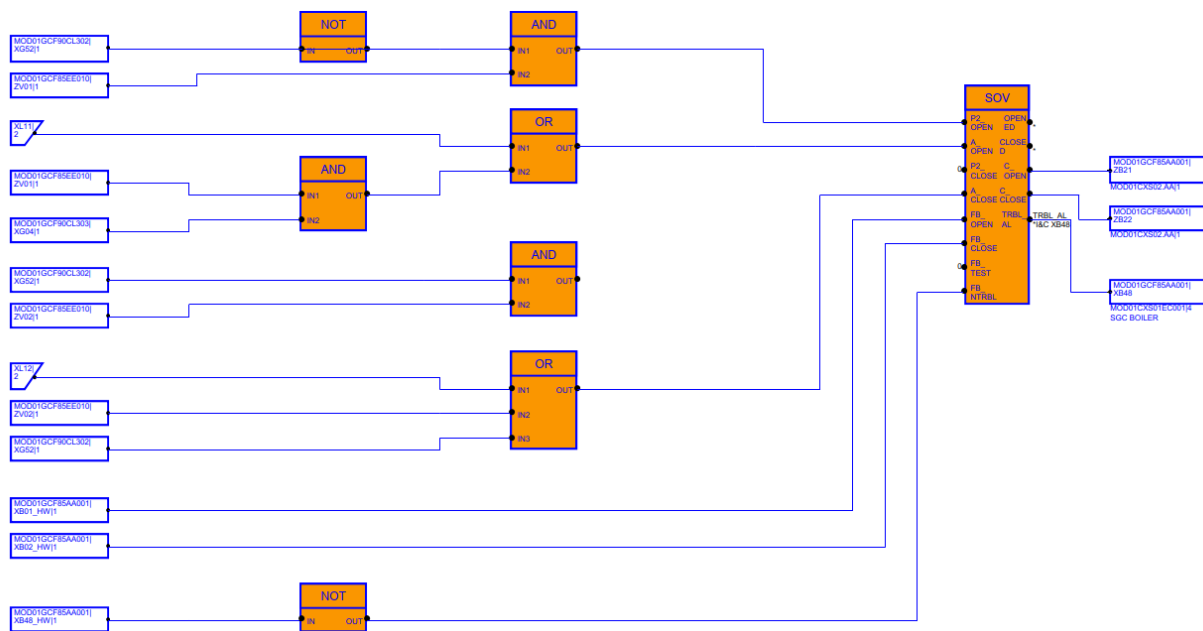
Megtartottam a lehetőséget a kazánok kiválasztásának manuális módjára. Pontosabban a működés során lehetőségünk van kizárni a kazánokat a működésből, így esetleges karbantartás során nem kell a teljes rendszert leállítanunk. Amennyiben az egyiket kizárjuk – és szükség van rá – egy másik kazán automatikusan indul helyette. A leállítási folyamat addig nem indul el, míg a másik kazán teljesen el nem érte a maximális teljesítményét, így az össz fűtési teljesítmény nem változik.

8.2. Víztartály feltöltése

A pótvíz tartály feltöltésének lehetőségét teljesen manuálisra változtattam. Eddig a lefutó vezérlés első lépésként teljesen feltöltötte a tartályt, majd így indult meg a rendszer feltöltése. Ezzel szemben az új logikánál még a vezérlés indítása előtt, manuálisan töltjük fel a tartályt. A manuális működtetésnek két szempontból van jelentősége:

- Amennyiben a vezérlés indításakor a tartályban van víz, de nincs maximumon, időt spórolunk meg azzal, hogy nem kell megvárni míg teljesen feltöltődik.
- A program futása közben bármikor pótolhatjuk a vizet.

A tartály feltöltését egy elektromos szelep vezérli. Miután a programban megnyitottuk a szelepet más teendőnk nincs. A tartályban lévő szintérzékelő segítségével amint a vízszint eléri a maximumot, a szelep automatikusan elzár.



8.2. ábra Tartály feltöltő szelep működtető logikája

Működtetés feltételei:

- Ha a manuális indítás aktív, és a tartály vízszintje nem éri el a maximumot, akkor a tartály feltöltés indul
- Ha a működés parancs inaktívvá válik, vagy a tartályban lévő víz eléri a maximális szintet, akkor a szelep elzár

8.3.Feltöltő szivattyúk

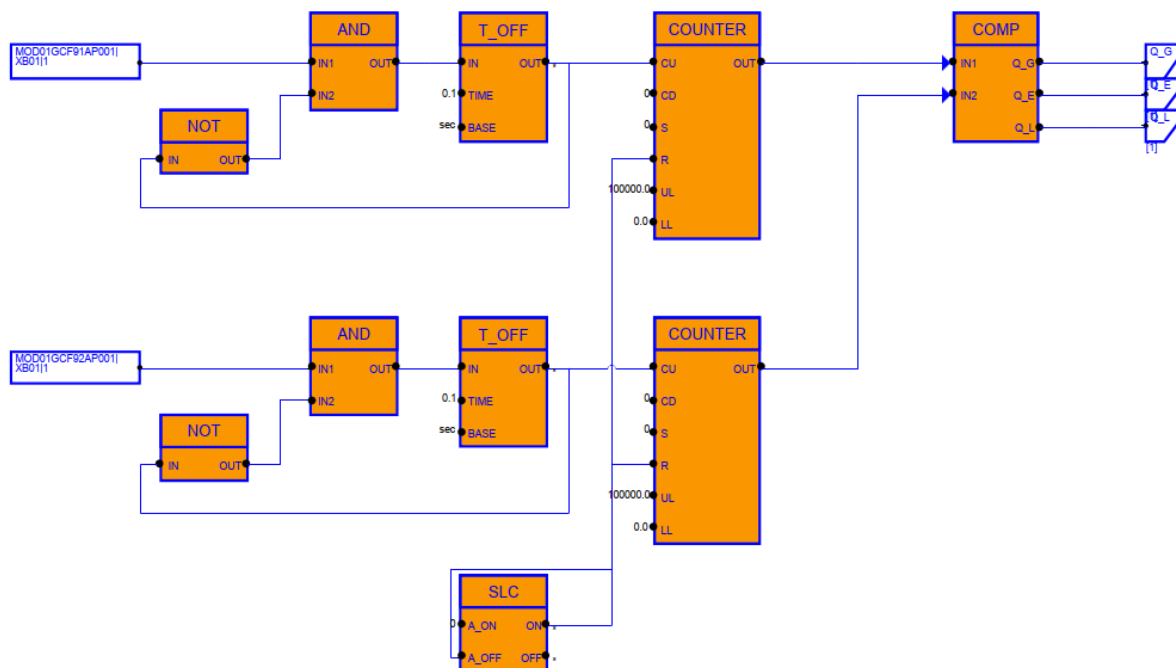
A feltöltő szivattyúk szerepe a teljes melegvíz rendszer feltöltése a pótvíz tartályból. Erre két azonos teljesítményű szivattyú áll rendelkezésünkre. Az eddigi működés során manuálisan választottuk ki, hogy melyik szivattyút használjuk.

Az új szoftverben a szivattyúk működési idejét rögzítjük, és a program automatikusan választja ki, hogy melyik szivattyú működjön. Alapértelmezetten, amennyiben a futási idő egyenlő, az 1. számú szivattyú indul el.

Ezen felül a rendszer mihamarabbi feltöltése érdekében, ha a szivattyú indításától számított 2 percen belül a víznyomás nem éri el a megadott szintet, a másik szivattyút is bekapcsolja, így kétszer olyan gyorsan töltődik a rendszer.

A szivattyúk automatikusan leállnak amennyiben a rendszer elérte a megfelelő nyomást, vagy ha a tartály vízszintje a minimum alá csökkent.

A HMI-n lehetőség van az üzemórák nyugtázására és nullázására. Természetesen a vezérlés indítása előtt itt is lehetőségünk van bármelyik szelep kizárására, a karbantartási munkák elvégzése érdekében.



8.3. ábra Az üzemidő rögzítésének logikája

A logikát egyszerűen számlálókkal oldottam meg. Amennyiben a szivattyú működési visszajelzése aktív, egy egyszerű úgynevezett „villogtató” logikával egybekötve 1 milliszekundumonként impulzust az a számlálónak. Ezt követően a két számláló értékét egy komparátor használatával összehasonlítjuk. A komparátor kimeneti jeleit felhasználva dönti el a rendszer, hogy melyik szivattyút működtesse.

8.4. Keringetőszivattyúk

A keringetőszivattyúk kiválasztásának logikáját is hasonlóan módosítottam. Szintén mindegyik szivattyú üzemidejét vizsgáljuk, és alapesetben azt működtetjük, amelyik a legkevesebbet működött. Természetesen itt is van lehetőség karbantartás esetén bármelyik működését letiltani. Ezt a vezérlés indítása előtt és közben is megtehetjük.

A kazánokhoz hasonlóan, az egyszerűség kedvéért itt is az alábbi módon jelölöm a keringetőszivattyúkat:

- Legkevesebb üzemidejű: 1. szivattyú
- Közepes üzemidejű: 2. szivattyú
- Legtöbb üzemidejű: 3. szivattyú

A meglévő rendszerhez képest most nem muszáj legalább két szivattyúnak működni. Az indítás során az 1. szivattyú indul először. Amikor annak fordulatszáma a névleges érték 80 százalékánál tart, és a nyomás még mindig nem elegendő, a 2. szivattyú is bekapcsol, a terhelésük megoszlik. Alapesetben a 3. szivattyú csak tartalék, azonban kimagaslóan nagy hőigény esetén (az 1-es és 2-es szivattyú is 60 %-os fordulaton üzemel) ez is bekapcsol, így a szivattyúk terhelése csökkenthető.

Leállítás vagy a hőigény csökkenése során fordított sorrendben csökkenti a keringetőszivattyúk fordulatszámát, majd kikapcsolja azokat. Természetesen legalább egy szivattyúnak mindig működni kell.

8.5. Gázrendszer

A gázrendszer működési logikáján nem sokat változtattam. A rendszert adaptáltam a három kazános kialakításhoz, illetve készítettem szimulációt a fogyasztás és a nyomás számításához, ezt a következő fejezetben részletezem.

Ebben a rendszerben a vezérlés egy dolgot szabályoz: a fűtőanyag elzárószelepet. Amennyiben működésbe lépnek a kazánok megnyitja azt, amikor a kazánok leállnak, vagy bármilyen hibajelenség, nyomáscsökkenés lép fel, biztonsági okokból elzárja.

9. Szimuláció

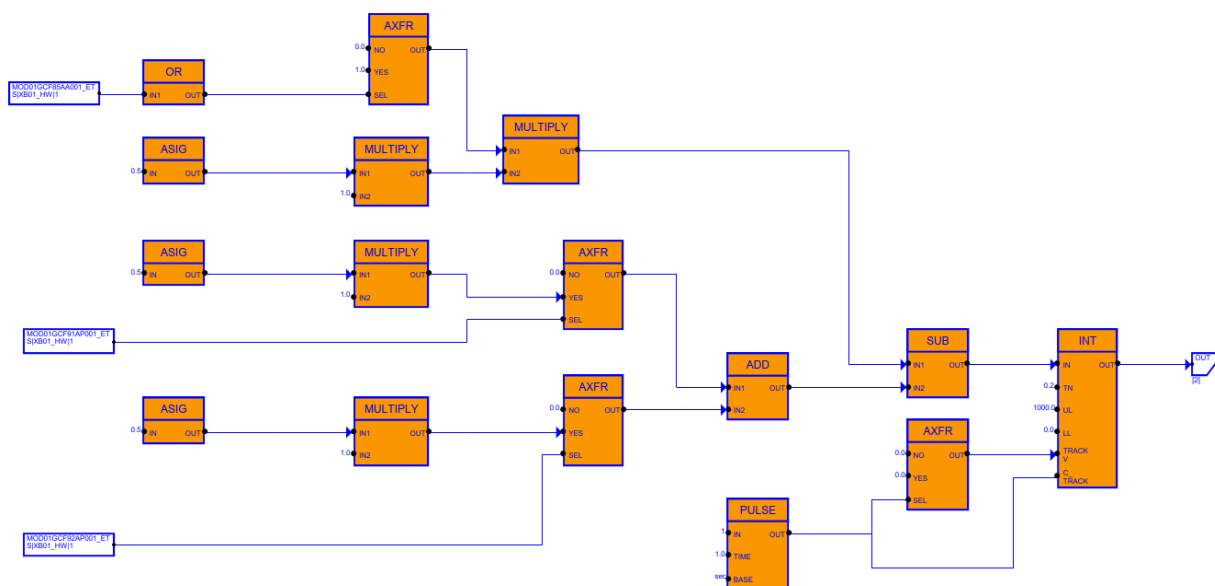
Az előző rendszerhez nem készült szimuláció, mivel egy megvalósított egységről beszélünk. Azonban az új rendszer megalkotásához, és működőképességének teszteléséhez szükséges volt azt létrehozni.

A valóságban rengeteg érzékelő van telepítve ezekben a berendezésekben, és mindegyikhez teljes szimulációt készíteni felesleges lenne, így vannak olyan adatok, amelyet a tesztelés során manuálisan lehet megadni (például a környezeti hőmérséklet), illetve vannak olyanok, amelyek valamelyik másik eszköztől állapotától függően adódnak (például a visszatérő víz nyomásának érzékelője szerint a nyomás akkor lesz magasabb, ha a mögötte található szűrő elteltődött).

9.1. Pótvízartály

A tartály szintjének szimulálásához figyelembe kell venni a tartály ürítését és töltését.

A töltés logikája egyszerű: Amennyiben a töltést szabályzó csap nyitva van, egy integrátor segítségével növelje a tartályban lévő víz mennyiségét. Mivel a csap kétállású (nyitott-zárt), nem foglalkoztam a beáramló víz mennyiségének változtatásával.



9.1. ábra Tartály vízszintjének szimulációja

A tartály ürítésére két szivattyú áll rendelkezésre. Mivel a két szivattyú azonos teljesítményű, így az ürítési tényező is arányos. Ha csak egy szivattyú működik, az ürítés ugyanolyan mértékben történik, mint a feltöltés. Azonban, ha mindkét szivattyú működik, az ürítés kétszer gyorsabb lesz.

9.2. Gázfogyasztás

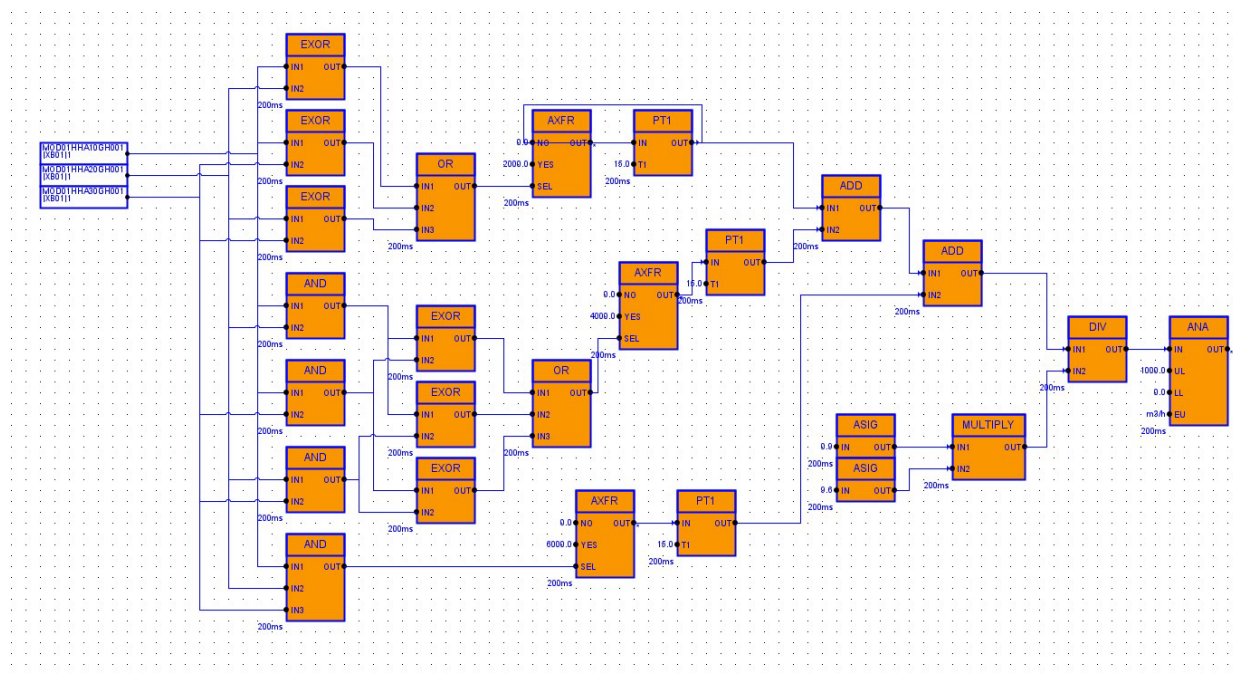
A rendszer fogyasztásának szimulációjához a kazánoknál alkalmazott Üzemanyag fogyasztás képletét alkalmaztam, ez alapján írtam meg a logikát. Eszerint a képlet szerint a fogyasztás:

$$\text{gáz fogyasztás (m}^3/\text{h)} = \frac{\text{kazánteljesítmény (MW)} * 3600}{\text{üzemanyag fűtőértéke (MJ/m}^3) * \text{kazán hatékonysága (\%)}} \quad [13][13]$$

Az MVM közlése szerint Magyarországon a földgáz fűtőértéke körülbelül 34 MJ/m³.

Egy mai modern kondenzációs gázkazán hatásfoka nagyjából 90%.

A szimuláció elkészítése során az alábbi logikát készítettem el:



9.2. ábra Kazánok gázfogyasztásának szimulációja

- Amennyiben kizárólag egy kazán működik: A kazánteljesítmény 2000 kW
- Amennyiben kizárólag két kazán működik: A kazánteljesítmény 4000 kW
- Amennyiben mindhárom kazán működik: A kazánteljesítmény 6000 kW

Mivel a szimulációnak nem célja, hogy teljes mértékben egyezzen a valósággal, így a kazánok maximális teljesítményre való felfutási idejét 15 másodpercre állítottam.

9.3. Gáznyomás

A gáznyomás szimulálását viszonylag egyszerű módon oldottam meg. A nyomás a kazánok terheltségétől, és a bejövő gáz nyomásából adódik.

A valóságban a fűtőanyag nyomásának növekedése és csökkenése számos különböző dolog miatt történhet (szivárgás, dugulás stb.). Egy szimulációban ezeket nem lehet megvalósítani úgy, hogy az valósághű legyen. Éppen ezért a nyomás szimulálása során az egyetlen eset, amikor a nyomás megváltozik, ha mindhárom kazán maximális teljesítménnyel üzemel, így túlterhelődik a rendszer.

A számításhoz szükséges tudni a kazánok fogyasztását (ezt korábban már szimuláltam, abból az adatból lehet dolgozni), és a beérkező gáz nyomását a nyomásszabályzónál. Ezekből az alábbi adatokat gyűjtöttem össze:

- Összes fogyasztás (Q)
- Maximális áramlás ($Q_{\max}$)
- Beérkező gáz nyomása (P)

A 8.2. pontban található képlet alapján az összes fogyasztás maximális terhelésnél körülbelül $705 \text{ m}^3/\text{h}$.

A maximális áramlás ebben a szimulációban az összes fogyasztás 90%-a, tehát $634,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

A 3/2020. (I.13.) ITM rendelet 1. melléklete alapján az ipari környezetben előforduló földgáz nyomása $0,1 - 4 \text{ bar}$ között változhat.[14] Ezt a reduktorral nagyjából $35-40 \text{ mbar}$ nyomásra csökkentjük.

Tehát ezek alapján a nyomás szimulálása az alábbi módon történik: Amíg a $Q_{\max}$ értéke kisebb, mint Q a beérkező gáz nyomása stabilan tartja a P értéket. Amint viszont az érték nagyobb lesz, mint Q , a nyomás állandó meredekséggel csökken.

9.4. Egyéb szimulációk

A teljes rendszer megfelelő szimulálásához szükség van olyan manuálisan megadott értékekre, amelyekhez szimulációs logikát nem lehet vagy nem szükséges készíteni. Ezen felül vannak olyan egyszerű logikák, amelyeket szintén csak pár szóban említenék meg.

A környezeti hőmérséklet egy olyan érték, amelyhez szimulációt készíteni nem érdemes, így ezt manuálisan lehet állítani a programon belül.

A visszatérő melegvíznél található szűrő telítettségét szintén nehéz lenne valóságosan szimulálni, ezért ehhez egy egyszerű időzítőt készítettem. Amennyiben a rendszer 10 percnél tovább működik, a szűrő „megtelik”. A szűrő cseréjét/tisztítását a hiba nyugtázásával imitáltam.

A kazánok saját keringetőszivattyújának frekvenciaváltozásához egy integrátort használtam. Amint a kazán bekapcsol, a frekvencia a kazánok felfutásával megegyező idő alatt és mértékben éri el az 50 Hz-et.

10. Megvalósítás

Az újratervezés során nem volt feladatomban a tényleges megvalósítást megtervezni, azonban úgy gondolom, hogy – bár csak elméleti szinten – muszáj megemlítenem, hogy lehet ezt a rendszer a valóságban is megépíteni.

A meglévő kazánház területén található a két gázkazán és a hozzá kapcsolódó gépészeti elemek, egészen az előremenő oldal szelepéig.



10.1. ábra A meglévő rendszer kazánjai a valóságban

A fenti képen látható, hogy az egyes egységeket nem csak a T3000 programból, hanem helyileg is lehet vezérelni.

Az új rendszer telepítéséhez el kell bontani a meglévő kazánokat, illetve a gépészeti elemeket.

Először a telepítendő kazánokat kell megválasztani. Alapos kutatómunka után a választásom a Viessmann Vitoplex 300-TX3A típusú kazánra esett. Azért ezt választottam, mivel:

- Népszerű, ismert márka, tehát a szervizelése, és az esetleges alkatrész utánpótlás biztosított lesz,
- Kérhető hőcserélős változatban, ezzel lehetővé téve a kondenzációs üzemű működést,
- Egyszerű telepíthetőség,
- 96 %-os hatékonyság,
- Beépített biztonsági eszközök (szelepek, szoftver). [15]

A rendszer további biztonsága érdekében a rendszert két részre bontanám. A primer rész a három gázkazánt és az azokat összekötő csöveket tartalmazza, míg a szekunder oldal a rendszer további egységeit foglalja magában. A szétválasztást egy hidraulikus váltóval oldanám meg. Ennek szerepe a két oldal hidraulikus nyomásának kiegyenlítése. A váltó beépítésével pontosabban szabályozhatóvá válik a rendszer, és csökken a keringetőszivattyúk terhelése.

Az általam kiválasztott Flamco Flexbalance Plus F 150 típusú hidraulikus váltó tökéletesen illeszkedik a rendszerbe. A fent soroltakon kívül ennek az eszköznek további előnye, hogy automatikus légtelenítő szeleppel, és salakkamrával rendelkezik.

A rendszer további egységein nem változtatnék, így új eszközök sem kerülnek beépítésre.

11. Kazánrendszerek biztonságtechnikája

Az újratervezés során nem foglalkoztam vele, azonban egy ilyen rendszernél kifejezetten fontos a megfelelő biztonságtechnika. A magas nyomású és hőmérsékletű víz, illetve a gáz hatalmas károkat okozhat egy esetleges meghibásodás esetén. Éppen ezért fontos a túlnyomás, a túlmelegedés megakadályozása, valamint a gázszivárgás kialakulásának megelőzése.

11.1. Túlnyomás

A túlnyomás elkerülésének érdekében biztonsági szelepeket kell alkalmazni. Ezek a szelepek automatikusan működnek, amennyiben a beállítottnál magasabb nyomás van a rendszerben kinyitnak. A kazánokba gyárilag építenek ilyeneket, azonban a rendszer további részeibe is érdemes ilyeneket telepíteni. Ezek az eszközök általában manuális berendezések, így túlnyomás esetén csak elengedik azt, a rendszer nem áll le. Van azonban lehetőség olyan elektronikus nyomáskapcsolók beépítésére, amelyek a megengedettnél nagyobb nyomás esetén jelet adnak, így a rendszer leállítható.

11.2. Lángfigyelés

A kazánok működése során fontos, hogy az égést biztosító láng folyamatosan jelen legyen. A láng megszűnése esetén a gáz nem ég el, de folyamatosan áramlik az égéstérbe, így megnő a rendszer nyomása. Ennek megakadályozására lángfigyelő érzékelőket telepítenek a kazánokba.

Ez az érzékelés több módon lehetséges:

- Közvetett: Az égéstér szén-monoxid szintjének érzékelésével,
- Termoelektromos: Az égőfej hőmérsékletének vizsgálatával,
- Lángionizációs: A lángban képződött ionok a potenciálkülönbség hatására ionáramot hoznak létre,
- Fotodetektoros: A láng „fényének” érzékelésével. [16]

Lángkiesés esetén a rendszert azonnal le kell állítani az égőt, a gázellátást meg kell szüntetni, és a teljes rendszert le kell állítani.

11.3. Vízérzékelés

A kazánok – kialakításuktól függően – a tartályukban lévő, vagy a rajtuk átfolyó vizet melegítik. Amennyiben a rendszerben nincs víz, a kazán szerkezete túlmelegedhet. Ennek megelőzése érdekében különböző vízérzékelés módszerekkel akadályozhatjuk meg a szárazon futást.

Tartályos rendszer esetében egy egyszerű vízszintérzékelővel, átfolyós megoldás esetén egy átfolyásmérő elem beépítésével érzékelhető a víz jelenléte. Amennyiben a vízszint alacsony, vagy a rendszeren nem folyik át víz, a kazánokat le kell állítani. Ilyen esetben nem feltétlenül szükséges, de érdemes az egész rendszert leállítani, mivel előfordulhat, hogy a teljes melegvíz-rendszerben nincs víz, ez pedig károsítja a szivattyúkat.

11.4. Gázrendszer

A gázrendszer meghibásodása több szempontból is súlyos veszélyekkel jár. Túl magas nyomás esetén a rendszer felrobbanhat, míg alacsony nyomásnál felmerülhet a szivárgás veszélye, amely a kazán környezetére van súlyos hatással (robbanásveszély, mérgezés).

Ennek megelőzésének céljából nyomáskapcsolókat és szivárgás-, és gázérzékelőket telepítenek a kazánokba és azok közvetlen környezetébe.

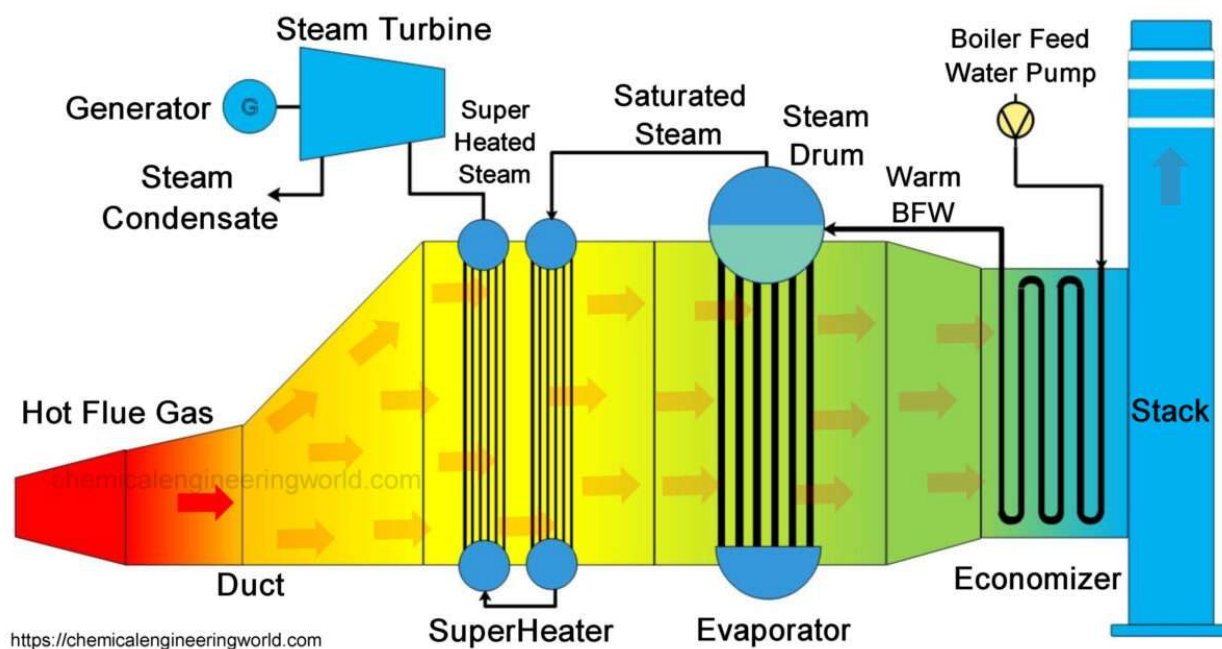
A gázrendszer bármilyen meghibásodása esetén azonnal le kell állítani a teljes kazánrendszert.

12. További fejlesztési lehetőségek

Az általam újratervezett rendszer egy modern, költséghatékony megbízható rendszert kínál, amely egy tényleges megvalósítás esetén viszonylag olcsó, és egyszerűen adaptálható a régi kazánrendszer helyére.

Azonban egy új telepítésnél vannak olyan további lehetőségek, amelyekkel még inkább hatásossá, egyszerűbbé, és költséghatékonyabbá lehetne tenni a fűtési rendszert.

Ilyen lehet például a hővisszanyerő gőzfejlesztő rendszer (HRSG – Heat Recovery Steam Generator), amelyet kifejezetten a gázturbinák forró kipufogógázának újrahasznosítására terveztek. [17]



12.1. ábra HRSG egység elméleti rajza [18]

Ennek a rendszernek az elsődleges alkalmazási célja a kombinált ciklusú erőművek gőzturbináinak meghajtása, azonban egyéb rendszerekhez is felhasználható.

Kombinált ciklusú erőműnél a működési elve a következő: A gázturbinából kijövő kipufogógázt bevezetik ebbe a rendszerbe. Az egység végén található előmelegítő (economizer) egységbe vizet táplálnak be, ott a kipufogógáz hőjétől nagyjából 90-100°C-ra melegszik.

Ezután úgynevezett gőz-dobba (steam-drum) kerül a forrás közeli víz, majd párologtatón (evaporator) keresztül gőzzé alakul. Ezt követik a túltöltők (superheater), ahol a gőzt még tovább melegítik, szárítják. Ez a szárított, forró gőz hajtja meg a kombinált ciklusú erőmű gőzturbináját.

Ezzel a módszerrel egy erőmű hatékonysága több, mint 60%-ot is elérheti. Amellett, hogy hatékonyabb az erőmű, sokkal környezetbarátabbá is válik. Egyrészt az újrahasznosított kipufogógáz kevesebb károsanyagot tartalmaz, másrészt jelentős mértékkel csökken a kipufogógáz hőmérséklete.

A rendszer előmelegítő egysége tökéletes a melegvíz-rendszerbe történő integrálásra, működés közben akár teljesen átveheti a kazánok szerepét.

Azonban a gázturbina terhelésének, ezáltal a kipufogógáz hőmérsékletének változása közvetlenül befolyásolja melegvízrendszer szabályozását.

Bár az ötlet első ránézésre tökéletesnek tűnik, néhány probléma akad a felvetéssel:

- Az előmelegítőben átfolyó víz hőmérséklete adott, nem szabályozható,
- A kazánokat teljesen kiváltani nem lehetséges, mivel amennyiben a turbina nem üzemel, nincs kipufogógáz, ami melegítené a vizet,
- Nyílt ciklusú gázturbinás erőműnél felesleges egy egész HRSG egység telepítése csak ezen célból.

Mivel ilyen integrációt még nem csináltak, így sok információ sincs arról, hogy ez milyen beüzemelési költségekkel jár, azonban amennyiben egy folyamatosan működő erőműnél telepítik, biztosan megtérülő befektetés.

A melegvíz hőmérsékletének szabályozására is van lehetőség: Az előmelegítóből érkező vizet egy külső előkészítóből érkező – jóval alacsonyabb hőmérsékletű – vízzel megfelelő arányban keverve el lehet érni a rendszer számára ideális hőfokot.

A rendszerben történő keringetéshez a kazánrendszer meglévő elemeit fel lehet használni, viszont egy ilyen integráció esetében fontos, hogy a kazánokat ebben az üzemmódban le lehessen választani a rendszerről.

13. Összegzés

A megvalósítás során a tervezett átalakításokon felül egyéb fontos módosításokat is sikerült elvégezni. Bár az új rendszer hasonló a régihez, a megváltoztatott, újragondolt logikák alapján egy átláthatóbb, egyszerűbb és megbízhatóbb rendszert sikerült megalkotnom. A meglévő két, különböző teljesítményű kazánt három azonos fűtőegységgel helyettesítettem, ezzel az átalakítással nőtt a megbízhatóság, illetve csökkentek a költségek. Az üzemidők rögzítésével, és azok felhasználásával a logikában, a több komponensből álló egységeknél jelentősen csökkenthető az egyes elemek üzemideje, így karbantartásra is ritkábban van szükség. Emellett a szimuláció megalkotásával nem csak most, de bármilyen későbbi módosítás során a tényleges megvalósítás előtt tesztelni lehet az új rendszerelemeket, és azok hatékonyságát.

14. Summary

With this reconstruction, beside the planned changes, I did some other major modifications. However, the new system still contains few elements from the previous, the reconsidered logics are providing a simpler, more reliable and more transparent unit. I replaced the two different boilers with three identical power units to increase reliability, and to reduce costs. With the recording, and usage of the operating hours in the logics, the lifespan of devices in system units with two or more components can be significantly increased, so we need maintenance less often. With the simulation, the modifications and their efficiency can be tested not just now, but in the future, every time before a redesign is being completed.

Irodalomjegyzék

- [1] <https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/sgt-800-industrial-gas-turbine-delivers-even-more-power-and-higher-efficiency> (Elérés dátuma: 2025.12.03.)
- [2] Meherwan P. Boyce, Gas Turbine Engineering Handbook Third Edition
- [3] Siemens Energy: Gázturbinák.pdf
- [4] https://www.gevernova.com/content/dam/gepower-new/global/en_US/downloads/gas-new-site/resources/reference/ger-3567h-ge-gas-turbine-performance-characteristics.pdf (Elérés dátuma: 2025.11.25.)
- [5] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544217307661> (Elérés dátuma: 2025.11.25.)
- [6] https://www.researchgate.net/figure/ariation-of-power-output-with-ambient-air-temperature-for-a-GE-MS7001-gas-turbine-Brooks_fig11_284825588 (Elérés dátuma: 2025.11.22)
- [7] <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:daeb2935-2ea5-4400-a5dc-653de64ca7d3/gas-turbine-sgt-800.pdf> (Elérés dátuma: 2025.11.26.)
- [8] https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/home_rseklet/index.php (Elérés dátuma: 2025.11.26.)
- [9] <https://tudastar.mk.uni-pannon.hu/anyagok/11-Levegőtisztaságvédelem.pdf> (Elérés: 2025.11.26)
- [10] <https://www.siemens-energy.com/global/en/home/products-services/product/omnivise-t3000.html> (Elérés dátuma: 2025.11.10.)
- [11] <https://www.eon.hu/hu/blog/otthon-kenyelme/legjobb-futesi-rendszerek.html> (Elérés dátuma: 2025.11.27.)
- [12] <https://gree-magyarorszag.hu/hoszivattyu-mukodese/> (Elérés dátuma: 2025.11.27.)
- [13] <https://hu.wxxnboiler.com/blog/how-to-determine-the-fuel-consumption-of-a-gas-steam-boiler-242667.html> (Elérés dátuma: 2025.11.20.)
- [14] <http://gmbsz.hu/page/2/?q=node#34> (Elérés dátuma: 2025.12.02.)
- [15] <https://jcspb.com/wp-content/uploads/2023/05/VITOPLEX-300-TYPE-TX3A.pdf?> (Elérés dátuma: 2025.12.02.)
- [16] <https://engineering.decorexpro.com/hu/otoplenie/kotly/datchiki-dlya-gazovyx-kotlov.html#i-5> (Elérés dátuma: 2025.12.03.)
- [17] Brad Buecker: Basics of Boiler & HRSG design
- [18] <https://chemicalengineeringworld.com/heat-recovery-steam-generator-hrsg/> (Elérés dátuma: 2025.12.02.)

Ábrajegyzék

2.1. ábra Siemens SGT-800 gázturbina [1].....	7
2.2. ábra A Brayton-ciklus [3]	8
3.1. ábra Teljesítmény és hatásfok változása a páratartalom függvényében [4].....	10
3.2. ábra Nyomás - hatásfok jelleggörbe [5].....	11
3.3. ábra Nyomás - teljesítmény jelleggörbe [5].....	11
3.4. Ábra Kimeneti teljesítmény függvénye a hőmérséklet vonatkoztatásában [6].....	12
3.5. ábra Teljesítmény és hőfogyasztás változása egy Siemens SGT-800 turbinán [7]	13
5.1. ábra Egy T3000 rendszerszekrény általános felépítése	16
6.1. ábra Hőszivattyú elméleti felépítése	19
7.1. ábra A meglévő rendszer elméleti felépítése	20
8.1. ábra Az új rendszer HMI felülete.....	22
8.2. ábra Tartály feltöltő szelep működtető logikája.....	24
8.3. ábra Az üzemidő rögzítésének logikája	25
9.1. ábra Tartály vízszintjének szimulációja.....	28
9.2. ábra Kazánok gázfogyasztásának szimulációja	29
10.1. ábra A meglévő rendszer kazánjai a valóságban	32
12.1. ábra HRSG egység elméleti rajza [18].....	36