

FAELGÁZOSÍTÁSON ALAPULÓ KOGENERÁCIÓS RENDSZER FEJLESZTÉSE

DEVELOPMENT BASED ON WOOD GASIFICATION CHP SYSTEM

*Prof. Dr. Varga Mihály egyetemi tanár, Csitári Csaba Phd. hallgató
Nyugat-magyarországi Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar,
Gépészeti és Mechatronikai Intézet
e-mail: cscsaba@fmk.nyme.hu*

"Jelen kutatás/tanulmány a Környezettudatos energia hatékony épület című TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0068 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg."

ABSTRACT

During the development process we aimed to create a wood-based gasification CHP system measurements made the first prototypes have been the ideal starting funds for further development. Later, we designed the other associated equipment. We have developed a unique gas - cooling system and a Stirling - engine. Our aim was to investigate the efficiency of the CHP. The final destination of research commissioning of a system can be controlled and measured.

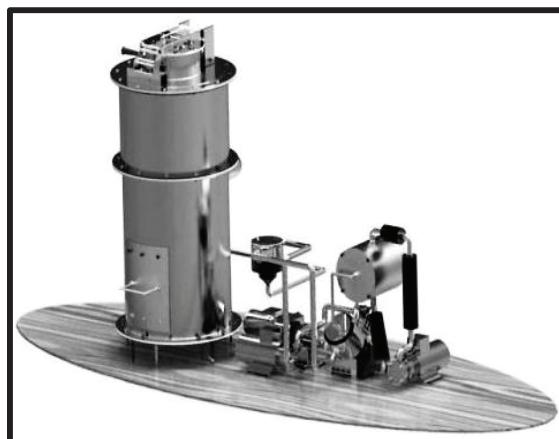
1. BEVEZETÉS

A kutatási és a tervezési folyamat során az volt a cél, hogy egy olyan kogenerációs rendszert fejlesszünk ki, amelynek az elsődleges energia forrása a faiparban keletkező fa és faalapú hulladékok/melléktermékek. Az említett ipari területen kiemelkedően magas az alapanyagból származó melléktermék (pl.: por-forgács, eselékek) aránya. Ez a hulladék az alapanyag több mint 50% - át is kiteheti. Ezen melléktermékek hulladékként való kezelése roppant pazarló, ezért az üzemek többsége hőenergiát állít elő különböző technológia hőigények fedezésére. A hőmennyiséget különböző típusú kazánokban termelik meg, azáltal hogy elégetik ezt a nagy energiatartalmú anyagot. Sajnos a mai kazántechnológiák bár fejlettnak mondhatók, még mindig viszonylag nagy veszteséggel üzemeltethetők. Továbbá bizonyos faipari üzemekben nem alkalmaznak olyan hőigényes faipari technológiákat, amelyek megkövetelnék a melléktermék ilyen célú felhasználását. Ilyen esetekben többnyire a cégek a melléktermékük egy részéből az üzem és a kapcsolódó épületek fűtését oldják meg, a többi mellékterméket pedig áron alul értékesítik, ami a mai piaci helyzetben pazarlásnak tűnik.

A fenti megállapításból adódik, hogy az év jelentős részében csak „termelődik” a melléktermék, és nem kerül - energetikailag racionális - felhasználásra. Erre jelenthet megoldást, az általunk tervezett faelgázosításon alapuló, kogenerációs rendszer. Fejlesztésünk lehetővé teszi, hogy folyamatos „melléktermék ellátás” esetén villamos- és hőenergiát is termelhessünk.

2. FAELGÁZOSÍTÓ RENDSZER ELEMINEK TERVEZÉSE

A kogenerációs rendszerek számos kialakításban léteznek, amelyek közös pontja a primerenergia hordozót átalakító egység. Ez a biomassa alapú rendszereknél minden esetben valamilyen speciális kazántípus. Ehhez kapcsolódhatnak a különböző energiatermelő és elosztó egységek (hőcserélők, gázmotorok, Stirling - motorok, stb.). Fejlett rendszereknél további energia visszanyerő egységeket is találunk. Ilyenek például a gázmotor hűtő, illetve a Stirling - motor regenerátora.



1. ábra. A kogenerációs rendszerünk látványterve (Forrás: Sári, 2013)

2.1. Kutatási előzmények

A tervezés kezdeti lépéseit segítette, hogy az Intézetünkben a 80-as évek végén már készítették egy működő fagázgenerátort Prof. Dr. Sitkei György vezetésével. A tervek digitalizálása után megkezdtük az eszköz újratervezést. Sajnos a részletes számítások hiányoztak, így a meglévő adatokból és a tervezők visszaemlékezéseiből következettünk a fagázgenerátor paramétereit befolyásoló tényezőkre. A korabeli berendezés egy MTZ-80-as mezőgazdasági traktort működtetett. A tervezés során az üzemanyag fogyasztásából kellett kiindulni. A típusban alkalmazott motor 57 kW teljesítmény leadására volt képes. Általános felhasználás során átlagosan a fajlagos fogyasztás 10 l/óra volt. A d-240-es motor dízel üzemű, így a fenti fogyasztás figyelembe vételével megállapítható a szükséges energiamennyiség a jármű mozgatásához egy óra hosszán keresztül, amely számításaink szerint 360 MJ. A fagáz energiatartalma megközelítőleg 1/3-1/4 a gázolajénak. Ennek oka, hogy a fagáz egy gázkeverék, amelynek az összetétele nagyban függ a választott faanyagtól, annak nedvességtartalmától és a frakciómérettől. Fontos befolyásoló tényező a reaktor típusa. Az általunk tervezett fagázgenerátor erdei fenyő alapanyaggal működik, amelynél a keletkezett fagáz összetétele az alábbi:

1. táblázat. A fagáz V/V%-os összetétele

Fagáz (V/V%) összetétele	
Nitrogén (N ₂)	48,9
Oxigén (O ₂)	0,6
Széndioxid (CO ₂)	5,5
Szénmonoxid (CO)	27,0
Hidrogén (H)	14,0
Metán (CH ₄)	3,0
Kátrány és egyéb anyagok	1,0

Mivel a motor üzemanyag szabályozását nem módosították, ezért a motor teljesítmény körülbelül a harmadára esett vissza. Így a 19 kW teljesítményszükséglet eléréséhez megközelítőleg 47,7 kg fára volt szükség óránként. Ez volt a tervezés első lépése, hogy meghatározzák az apríték tároló és a lepárlási zóna méreteit. A tüzelőanyag faapríték, aminek a térfogati lazulási tényezője kettő. Így a szükséges térfogat 0,146 m³.

Ekkora apríték tárolóval rendelkező reaktort nem lehetett volna elhelyezni a traktoron, így az üzemórát elfelezve csökkentették a reaktor méretét. Akkori kísérletek során arra jutottak a tervezők, hogy az ideális gázképződéshez 12 m/s-os áramlási

sebességre van szükség a reaktortérben. Ezt akkor ventilátorral érték el azáltal, hogy szívott rendszert hoztak létre. Ennél a gázsebességnél már nem fagy be a reakció és önfenntartóvá válik a gázosodási folyamat, tehát a pirolízis nem igényel hőbevezetést. Ahhoz, hogy a gázsebesség megfelelő legyen, Venturi – csövet kellett elhelyezni a redukciós zóna alatt. Ez a kialakítás garantálja, hogy a gáz átáramlik megfelelő sebességgel az izzó szénágyon (redukálási zónán). Az ilyen típusú kialakítást nevezzük „dupla garatú, alsó kiáramlású” vagy más néven Imbert - gázreaktornak.

A reaktor egyik kulcsfontosságú része az égéstér. Ezt angolszász irodalmak alapján határozták meg a motor teljesítményének a függvényében. A gázreaktor hatékonyságát jelentősen befolyásolja az égéstérben található rostély. Ennek a feladata, hogy az égés során létrejövő izzó szénágy ne essen szét idő előtt, de ne is tudjon betömörödni, hiszen ebben az esetben a nyersgáz nem tud átdiffundálni a szénágyon, ezáltal magas marad a kátránytartalma. Továbbá nem következik be a leáramlás jelensége, ami a reaktor felső részében a gázfeldúsulás miatt robbanást idézhet elő. Az égéstér szerves része a levegő ellátó berendezés, ami biztosítja az egyenletes levegő ellátását a rendszernek. A levegő pontos szabályozásával lehet beállítani az elgázosodás sebességét. Ezért már az első eszközön is volt lehetőség a manuális szabályozásra [1].

2.2. Fagázgenerátor fejlesztése

A korábbi eszköz tanulmányozásából és a visszaemlékezésekből az alábbi tapasztalatokat vontuk le az új reaktor tervezéséhez:

- A konstrukció elvi felépítése megmaradhat, tehát egy dupla garatú, alsó kiáramlású fagázgenerátort kívánunk kialakítani.
- Elvetettük a járműipari alkalmazást és egy stabil fagázgenerátor tervezését tűztük ki célul. A rendszert úgy alakítottuk ki, hogy egy Stirling - motor kerül beépítésre.
- A szívott rendszer helyett, egy nyomott rendszer kerül kialakításra, ami a korábbi manuális szelep elé lett beépítve. A levegő betáplálást egy szabályozható ventilátor végzi.
- A fix rostély helyett egy mozgatható rostély-bolygató szerkezet került kialakításra, amelynek a feladata az osztott redukciós zóna kialakítása (2. ábra).

Az új fejlesztésű gázreaktornak első lépésben meg kellett határozni a teljesítmény szükségletét. Mivel egy külső égésű hőerőgéphez kellett kapcsolni a rendszert, ezért először a Stirling – motornak kellett kiszámolni a

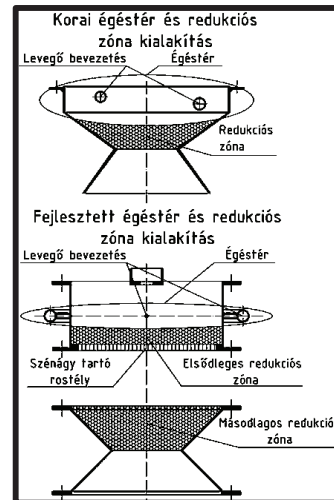
teljesítményét (lásd 3. fejezet) és a hatásfokát, amely 0,91 kW lett a számítások alapján. A motor hatásfoka a Carnot - körfolyamat szerint került meghatározásra, amely szerint $\eta_m = 0,43$.

Ennek ismeretében számoltuk ki a szükséges teljesítményt, ami 2,1 kW lett. Ez csak a motor működtetéséhez szükséges teljesítmény. További veszteségek lépnek a gázhűtőkben és a kapcsolódó csővezetékekben. A fent említett berendezések kivétel nélkül szigetelt kivitelben készülnek, de az előzetes számítások alapján az ún. gázélokészítő egység hatásfoka 70% körül alakul. A veszteségek egy része a rendszer szigeteletlen pontjain jelenik meg (szelepek, szerelvények, stb.) egy másik, jelentős része pedig az áramlási veszteségekből adódik össze. Az így módosított teljesítmény szükséglet 3,0 kW. Ahhoz, hogy az alulméretezést elkerüljük, további veszteségeket is figyelembe kell venni, amelyek az apríték fizikai tulajdonságaiból adódnak (nedvességtartalom, frakció méretszóródása). A fentiek figyelembe vételével a teljesítmény szükséglet 4,5 kW-ra módosult. A berendezést úgy terveztük meg, hogy két óra folyamatos üzemnyi aprítékkal rendelkezzen. A stabil termodinamikai és áramlási folyamatokról a reaktor indításától kb. 30 perc múlva beszélhetünk. Ekkorra már beállítottuk a levegőmennyiségeket és a gázsebességeket a reaktorban. Továbbá az apríték fogyásával is változik a folyamat minősége, így az utolsó 30 percnyi működést sem szabad figyelembe venni.

A gyakorlati tapasztalatok alapján 1 kWh energia előállításához 2,5 kg fát kell elgázosítani. Ez a mi esetünkben 11,25 kg aprítékot jelent óránként. Ha figyelembe vesszük az apríték lazulási tényezőjét és az üzemidőt, akkor megkapjuk a száradási- és a lepárlási zóna térfogati méreteit, ami $0,0693\text{m}^3$.

Ennek a geometriai kialakítását 2. ábrán láthatjuk. A szerkezetben az égési és gázosodási zónát nagymértékben átterveztük és levegőadagoló csőrendszert is újragondoltuk. Az első prototípuson négy ugyanakkora levegő-bevezető csatlakozott a reaktortérhez. Ez a manuális levegőadagoláshoz megfelelő volt, de a nyomott rendszerrel már működési problémák léptek fel. Így először a tüztér köré egy főlevető csövet építettünk, amiből négy kisebb átmérőjű fűvókát vezetünk be az égéstérbe szimmetrikusan. Ezzel a levegő folyamatosan gyorsulva és egyenletesen jut be. Azért volt erre szükség, hogy a gázosodási térben ne alakuljanak ki hidegebb területek. Ezek hőelvonási folyamatokat indítanak be, amelyek a reakció befagyásához vezetnek. Mivel ez a reaktor nem szívott rendszerű, hanem nyomott, így a gáztisztaság növekedése érdekében

kialakítottunk a reaktortérben két redukálási zónát, amelyek csupán az izzó szénagy frakciójában különböznek. A tüztérhez közelebb esőben nagyobb méretű széndarabok vannak, a szűkülő garatrészen pedig valamivel finomabb és alacsonyabb hőmérsékletű részek találhatók.



2. ábra. A fejlesztett redukciós zóna kialakítása (Forrás: A szerző)

2.3. Komplex gázhűtő és gáztisztító berendezés tervezése

A fagázgenerátor fejlesztése után új problémák merültek fel a fagázzal kapcsolatban. A fagáz hőmérséklete megközelítőleg 700°C . Emiatt a gáz energiasűrűsége csekély, így rossz hatásfokkal használható külső vagy belső égésű motorok meghajtására. A szintézisgáz finom porfrakciót és jelentősebb mennyiségű kátrányfrakciót tartalmaz. A korábbi eszköznel is problémákat okozott a magas kátránytartalom. Akkor a traktor rendszeres meghibásodásához vezetett, hiszen a kátrány kicsapódott a hengerek falán. Ez akkoriban nem lett orvosolva, de egy stabil kogenerációs erőműnél elfogadhatatlan a 30 órás karbantartás. Ezért úgy döntöttünk, hogy tervezzünk egy komplex hűtő – tisztító egységet.

A tisztítás és hűtés három fázisban valósul meg. A gáztisztítási eljárások fontos paramétere a gáztérfogat, ezért volt szükség a 700°C – os szintézis gáz térfogati meghatározása, amely az egyesített gáztörvény alapján $V_2 = 85,92\text{m}^3$. [2.]

A gázélokészítés első fázisában a szintézis gázt egy vízűtéses csököteges hőcserélőn vezetjük át. A célunk, hogy a kombinált gázmosóba maximum 100°C – os gáz érkezzon (robbanásveszély). Viszont kerülni kell a túlhűtését a gáznak, mert akkor a kátrány a csököteges hőcserélőben kondenzálódik le, ami később a hőcserélő eltömődését okozhatja. Azért esett a fenti típusú hőcserélőre a választás, mert ezt könnyen kivitelezhettük a műhelyben, továbbá nem érzékeny a lerakódásokra.

Egyszerűen karbantartható, ami egy prototípus eszköznél fontos tulajdonság. A feladatunk tehát egy ellenőrzési feladat volt, miszerint a kilépő gáz hőmérséklete ne haladja meg a 100°C – ot. Másodlagos szempont, hogy a hűtővíz hőmérséklete ne érje el a 100 °C – ot. A számítási feladatot a fagáz adiabatikus kitevőjének meghatározásával kezdtük. Ebben az esetben idealizáljuk a gázunkat és állandó térfogatúnak és nyomásúnak tételezzük fel. A részletes számítási folyamattól eltekintve a hőkapacitás és a hőcserélőből kilépő közegek hőmérséklete az alábbi módon alakul:

A hőcserélő maximális (elméleti) hőkapacitása $Q_{max}=79847,65W$. [2.]

Az NTU (átviteli hányados) ismeretében a hőcserélőre vonatkozó hatásfok értékét (Φ) leolvashatjuk:

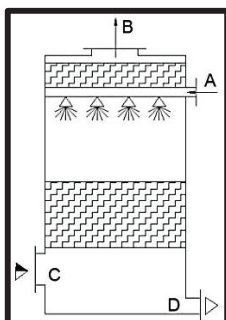
$$\Phi = 0,92$$

A hőcserélő hőmértéke:

$$Q = \Phi \cdot Q_{max} = 73459,844 W \quad (1)$$

A hőmérték ismert összefüggését felhasználva, abból kifejezve a két közeg kilépő hőmérséklete $t_{gáz,ki} = 68,73 \text{ °C}$ ill. $t_{víz,ki} = 84,29 \text{ °C}$.

A csökkeges hőcserélőnk megfelel az előírt műszaki paraméterek előállítására. A gázmosóba belépő gáz hőmérséklete 68,73 °C. Ez a gáz fog bekerülni a kombinált gázmosó egységbe. A kombinált gázmosó egység két különböző típusú gázmosó technológiát egyesít. Az egyik az örvénymosó a másik pedig a tölteléktestes gázmosó. Az örvénymosóban a poros gázt nagy sebességgel folyadék felszínnek ütköztetik, miközben egy elő leválasztódás játszódik le. Kedvező hidrodinamikai körülmények között a folyadék rétegben csatorna alakul ki, amelyben igen intenzív a keveredés. Ebben az örvénytérben nedvesedik és válik le a porszemcsék döntő hányada. Egy jól kialakított örvénymosó 93% - os hatásfokkal válassza le a 0,5-1 μ m szemcséket. Ez számunkra kielégítő hatásfok.



3. ábra. Tölteléktestes gázmosó (Forrás: A szerző)

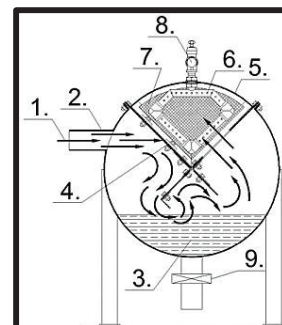
A töltött (vagy tölteléktestes) gázmosó tornyokban (3. ábra) tölteléktesten, kicsiny, alakos, többnyire kerámiatestekből halmozott rétegen (rétegeken) keresztülvezetjük a gázt (C). A töltelék a mi esetünkben Raschig-gyűrű. A testeket felülről „locsolják” (A); itt a porlasztás nem, de az egyenletes folyadék elosztás követelmény. A jól kiválasztott elemekből épített töltelék réteg nagy érintkezési felületet biztosít a folyadékfilm és a gáz között, a tartózkodási időt (úthossz) jelentősen növeli. Az így kialakított, ömlesztett pórusos réteg vastagsága 60-150 mm.

Elvárások az alkalmazandó technológiáktól:

Az örvénymosó feladat a szilárd frakció eltávolítása és az előkátáryntalanítás, miközben csökken a gáz hőmérséklet.

A tölteléktestes gázmosó feladata az egyedi folyadékporlasztó berendezésnek, az alacsony folyadék hőmérsékletnek (10-14°C) és a Raschig – gyűrűknek köszönhetően a kátáryntartalom legalább 50% -os leválasztása.

Ha feltételezzük, hogy a kátáryntartalom vízben oldódó komponenseit 50% - ban le tudjuk választani, és a vízben nem oldódó komponensek teljes mértékben áthaladnak a rendszeren, akkor a komponens mérleg egyenletekből a mosóvíz mennyiségére kapunk értéket, amely megközelítőleg 16 l/Nm³. Ennyi vízre van szükségünk ahhoz, hogy egy átlagos, 50 g/Nm³ kátáryntartalmú gázt az elfogadható 32,9 g/Nm³ kátáryntartalomra csökkentjük [3]. A fenti érték alatt nem lép fel műszaki probléma a gázégőben. Ez egy gyakorlatilag elérhető érték, amibe nem kalkuláltuk bele azt a megállapítást, miszerint a kátáryntartalom a hidegebb közegbe érkezve azonnal vagy nagyon rövid idő alatt kicsapódik. Itt azoknak a komponenseknek a kiválasztását várjuk, amelyek vízben nem oldódnak, viszont természetes állapotukban szilárd vagy folyadék fázisban vannak.



4. ábra. Kombinált gázmosó egység működési elve (Forrás: A szerző)

A 4. ábrán 1-es számmal jelölt előhűtött szintézisgáz belép az örvényáramú mosó hengeres házába. Itt a 4-es számú terelő

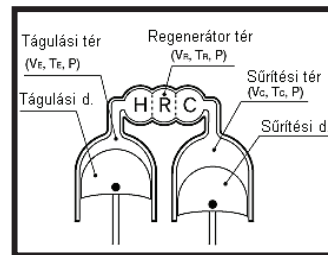
lemezeknek ütközik a gáz, ami a lemezek alakjának köszönhetően a 3-as számú folyadék felszínére vezeti a gázt. A gáz diffundál a vízbe és megtörténik a porfrakció leválasztása. Ezután a gáz átjut a tank másik felébe, ahol a terelőlemezen egy négyszögletes nyílás van kialakítva, azzal a céllal, hogy a gázt átvezesse az atmoszferikus mosótérbe (5-ös számú). Miután a gáz belép a mosótérbe, áthalad a 7-es számmal jelölt tölteléktartályon. Ez Raschig – gyűrűkkel van feltöltve. Mögötte 50 mm távolságban található a 6- jelölt vízporlasztó egység. Feladata a töltelék ágy tisztítása és az átjutó gáz kátránytalanítása. A fenti egységekből összesen 3 db van az atmoszferikus részben, egymástól különböző távolságban. Minden mosóegység külön használható, attól függően, hogy milyen a gáz minősége. A kombinált gázmosóba belépő gáz hőmérséklete a számítások alapján $68,73^{\circ}\text{C}$. A hidegvízzel való találkozásakor előre láthatóan hőátadási folyamat fog lezajlani. Ez fontos, hiszen tovább nő a gáz fajlagos energiasűrűsége és eközben csökken a térfogata. Ez a hő a berendezés szerkezeti anyagait és a mosóvizet fogja melegíteni. A kogenerációs rendszer energetikai – hatékonysági mérésénél mindenképpen hőcserélővel és szigeteléssel kell ellátni a kombinált mosótankot és a zagyatartó tartályt [2].

3. STIRLING – MOTOROS, VILLAMOS ENERGIATERMELŐ EGYSÉG FEJLESZTÉSE

A tervezés első lépéseként felkutattuk az ide kapcsolódó elméleti számításokat. Ezek közül A Schmidt- féle Stirling – motor méretezés ítéltük megfelelőnek. Olyan konstrukciót kerestünk, amelyet egyszerű műhely körülmények között lehet gyártani. A választás egy alfa típusú Stirling – motora esett. Első lépésben egy donor eszközt kerestünk. Választásunk egy V- dugattyús kompresszorra esett, hiszen a legtöbb alfa – típusú motor is hasonló elrendezést mutat.

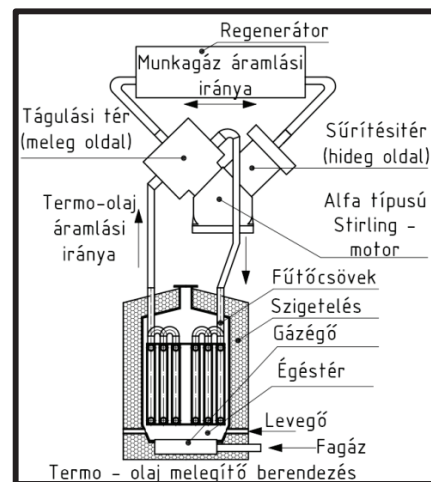
Következő feladatunk volt a fellelhető irodalmak alapján módosítani a kompresszor henger-dugattyú kialakítását. Az alfa típusú Stirling - motoroknál a tágulási térnek kisebbnek kell lennie, mint a sűrítési térnek. Ez a megváltozott térfogat arány volt az egyik alapja a méretezésnek. Következő lépésben elvégeztük a termikus méretezését a motornak. El kellett dönteni, hogy milyen módon szeretnénk megoldani a külső hőközlést, hiszen a Stirling – motorokat külső égésű motoroknak is szokták hívni. A szolár Stirling - motoroknál megszokott eljárás, hogy a napsugarakat a motor ún.

forrópontjához irányítják, így hozva létre az 5. ábrán látható termikus elrendezést.



5. ábra. Alfa típusú motor hőfolyamatainak értelmezése (Forrás: Sári 2013)

Ez a fajta direkt hőközlés a mi motorunk esetében nem lehetséges, hiszen az alumínium alkatrészeket kellett volna melegíteni közvetlen lánggal, ami rövid időn belül szerkezeti károsodást okozott volna. Ezért egy korábbi kutatást felhasználva olyan hengert és hengerfejet terveztünk, amiben a forrópontnál a hőátadás termo – olajjal történik. Ehhez ki kellett fejleszteni egy új hengerfej – henger konstrukciót, továbbá egy olyan termo – hidraulikus rendszert, amelyben a fagáz elégetésével fel tudjuk üzemeltetni hőmérséklete melegíteni az olajat (400°C).



6. ábra. A Stirling – motor és a termo – olaj melegítő berendezés kapcsolata (Forrás: A szerző)

A tervezés folyamán számtalan paraméter a motor geometriájából adódik. Ezek ismertetésétől eltekintve a motor teljesítményének a meghatározás az alábbiak szerint történt.

$$L_i = (W_E + W_C) \cdot n = 0,91\text{kW} \quad (2)$$

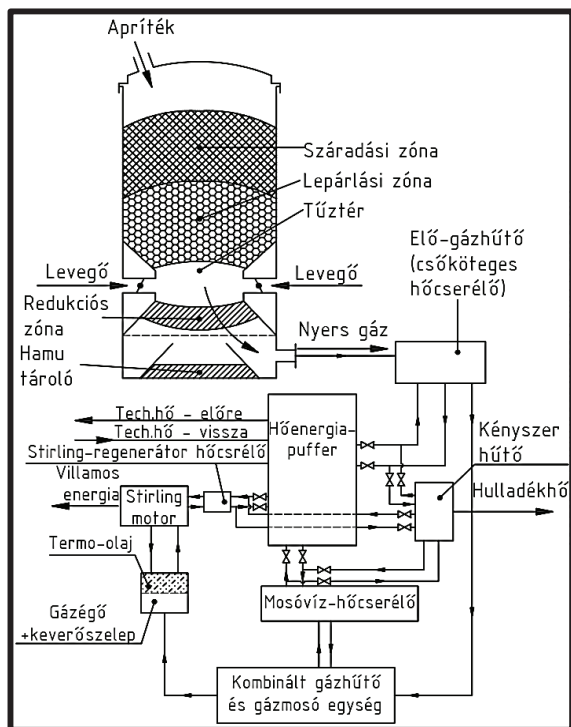
ahol:

- L_i , a motor teljesítménye [kW]
- W_E , tágulási energia [J]
- W_C , sűrítési energia [J]

Ez a teljesítmény adat volt a kiinduló pontja a teljes rendszer tervezésének [4][5].

4. TERVEZETT KOGENERÁCIÓS RENDSZER – ELEMELK KAPCSOLATA

A fentiekben láthattuk, hogy mennyi elemből épül fel egy ilyen mini kogenerációs erőmű. Az alábbi ábrán végigkövethetjük az energiaforrástól a különböző energiahordozó közegek útját és kapcsolatát. Célszerű a fenti viszonyokat tisztázni, hiszen a külső szemlélő számára sokszor csak egy bonyolult, összetett rendszer képe jelenik meg.



7. ábra. A kogenerációs rendszer működési vázlatja (Forrás: A szerző)

Első lépésben fel kell tölteni a reaktort aprítékkal. Célszerűen a későbbi eszközknél ki kell alakítani egy folyamatos apríték adagolási lehetőséget, hiszen egy stabil energiatermelő egység nem lehet szakaszos üzemű. A reaktorban a begyűjtést követően megindul a gázosodási folyamat. A folyamat intenzitását a levegő mennyisége határozza meg. Ha a reaktor eléri a stabil üzemet, akkor a gázt be lehet vezetni a rendszerbe. A gáznemesítési eljárás első állomása, a csőköteges hőcserélő berendezés, melynek a feladat a gáz lehűtése 100°C alá. Fontos megjegyezni, hogy itt történik az első jelentős méretű hőcserélés. Az itt kivont hőmennyiség a hőtároló puffer - tartályba érkezik, amelyben a hőtároló közeg víz. A gáznemesítés második lépése, hogy a lehűtött gáz áthalad egy vizes rendszerű kombinált gázmosó egységen. Itt a szilárd és a gázfrakciót távolítjuk el a gázból. A folyamat közben

megtörténi a másodlagos hőcserélés. Az elvont hőmennyiség a központi puffer - tartályba jut. A fagáz útja innen a termo - olaj melegítő egységbe vezet, ahol levegővel keverve elégetjük, ezáltal melegítve az olajat. Ez a közeg szállítja az energiát a Stirling-motorunkhoz. Működési elvéből adódóan a termikus energiának a 43%-át alakítja át mozgási energiává. A motorunk regenerátor egységénél pedig megtörténik a harmadik hővisszanyerési lépcső. Az itt visszanyert energia is a puffer - tartály melegítésére fordítódik. Ez a rendszer egyik passzív, de nagyon fontos eleme, hiszen a szükséges technológia, illetve az egyéb hőenergia igényt a fenti egység elégíti ki. A rendszer ábrán (7. ábra) látható egy kényszer – hűtő berendezés. Erre akkor van szükség, ha a keletkező hőt nem tudjuk hasznosítani és a szabadba bocsájtjuk. Ez a lehető legrosszabb eljárás, de az ilyen rendszereknél sajnos be kell építeni ezt a „biztonsági” berendezést.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A fentiekben vázolt rendszer 3 év fejlesztésének és munkájának részleges eredménye. A fejlesztés új vonalakon tovább folytatódik. A közeljövőben kialakításra kerül a villamos generátor és a hozzá kapcsolódó mérőegység. Továbbá beépítésre kerül egy komplex adatgyűjtő rendszer. Feladata lesz a reaktor belső hőmérséklet változásainak detektálása. Terveink között szerepel a gázsebesség mérése, hiszen a sebesség változásokból meg tudjuk állapítani a rendszer elemeinek az áramlási ellenállását. Végző fejlesztési lépés a rendszer teljes szabályozásának kialakítása. A bemutatott rendszerek esetlegesen szabadalmi kérdéseket érintenek, így a szerkezetek és a számítások teljes részletezésétől eltekintettünk.

6. IRODALOM

- [1].FAO FORESTRY DEPARTMENT: Mechanical Wood Products Branch-Wood gas as engine fuel,Food and agriculture organization of the united nations, USA-Washington, (1986); pp.4-12 , 10-11, 2-3,4-6
- [2]. Csitári Cs.: Kátránytalanító és gáztisztító berendezés fejlesztése fagázgenerátorhoz, Nyugat-magyarországi Egyetem, Faipari Mérnöki Kar, Sopron (2012); pp. 31-43
- [3].Basu P.: Biomass Gasification and Pyrolysis, Elsevier, Burlington (2010); pp.100-101
- [4]. G.Walker.: Stirling Engines, Oxford Univ. Press, Oxford (1980); pp. 11-23
- [5]. Sári J.: Fagázgenerátorban keletkező fagáz felhasználása, saját tervezésű hőlégmotor alkalmazásával, Szakdolgozat, NYME-FMK, Sopron (2013); pp. 25-43