

Eljárás hűtésre és környezeti hő hasznosítására

A találmány tárgya eljárás hűtésre és környezeti hő hasznosítására, amely egy erre a célra kialakított termodinamikai gépben megvalósítva akár kriogén hőmérsékleteken is képes gazdaságosan hűteni. Lényege, hogy a hűtés alatt magába szívott hőenergiát munkává alakítja.

Jelenleg a társadalom energiaszükséglet túlnyomó többségét a hőerőgépekkel és belső égésű motorokkal hozzák létre, amelyek használata sok káros és drága energiahordozó -szén, gáz, benzin stb.- felhasználásával történik. Ez a helyzet vezetett az igény felmerüléséhez, hogy a sok hulladékot és környezeti hőt –továbbiakban: környezeti hőt- hasznosítani lehessen, hogy ezáltal tiszta, olcsó mechanikai és villamos energiához jussunk.

A jelenleg ismert hűtőgépek a rendelkezésre álló környezeti hőmérséklethez közel működnek, mert a hűtésnél magába szívott hőenergiát a kompresszor által a környezetinél magasabb hőmérsékletre emelt munkaközeg csak akkor tudja leadni a környezetének. Ez a hagyományos eljárás az egyetlen, jelenleg széles körben elfogadott hűtési eljárás. Erre az eljárásra alapozzák azt a tézist, hogy nem lehet olyan periodikusan működő gépet készíteni, amely a környezet hő rovására hasznos energiát képes termelni.

A találmányhoz közel álló megoldást bemutató JP 2003336573 A közzétételi számú szabadalmi irat egy új hő – nyomás ciklust lefolytató energiatermelő rendszerről és berendezésről szól, amely földi környezeti hőt kíván mechanikai munkavégzésre hasznosítani. Az eljárás során telített gőz halmazállapotú munkaközeget adiabatikusan expandáltatnak; a létrejövő nedves gőz halmazállapotú munkaközeget folyadék és telített gőz összetevőkre szétválasztják; ezután a folyadékot sűrítik és környezeti hővel melegítik, miáltal kiinduló állapotba hozzák; a telített gőzt állandó térfogaton környezeti hővel melegítik és állandó hőmérsékleten sűrítve kiinduló állapotba hozzák; végül a létrehozott gőz – gőz összetevőket összekeverik és az eljárást ciklikusan ismétlik. Véleményünk szerint a keverék ekkor körülbelül 5% folyadékot tartalmaz, a többi gőz. Ha ezt expandálják, akkor a következő ciklusban egyáltalán nem keletkezik folyadék, ami szabadon felhasználható lenne, ezért a körfolyamat nem záródik és a rendszer leáll. Problémát jelent, hogy a folyadék hőcserélőben elpárologtatásával elveszik a lehetősége annak, hogy a forráshőigénnyel visszaállítsák az eredeti állapotot. Emiatt nem záródik a körfolyamat, tehát az eljárás ciklikus folyamat generálására alkalmatlan.

A technika állására figyelemmel célul tűztük ki olyan eljárás kidolgozását hűtésre és környezeti hő hasznosítására, amely során a hűtésnél magába szívott hőenergiát a folyadék-halmazállapotú munkaközeg párologási hőenergia igénye veszi fel, ezért az eljárás a környezeti hőtől független, tehát bármilyen hőmérsékleten gazdaságosan képes hűteni, a magába szívott energiát pedig munkává alakítja.

Mivel a hőenergia a melegebbtől a hidegebb hely felé áramlik, a hőerőgépnek a környezeti hő alatti hőmérsékleten kell az eljárást végrehajtania. A hagyományos hőerőműi eljárás során a fáradt gőzt környezeti hővel hűtik és nyomással sűrítik a legnagyobb sűrűségre, azaz

folyékony halmazállapotra. Ez a folyamat környezeti hő alatt működő hőerőgép esetén nem jöhet számításba, mert a hagyományos hűtőgép nagyobb energiát emésztene fel, mind a megtermelt energia. Tehát a hőerőgépnek a hűtést környezeti hőtől függetlenül kell megoldania.

A legnagyobb hűtőhatást a folyékony munkaközeg forrása, vagy más néven a párolgáshő tudja kifejteni. Az 1. ábrán a következők figyelhetők meg:

- a nagy hőmérsékletű, nagy nyomású gáz expandál és ezáltal elveszti hőmérsékletét és nyomását, az 1 pontból 2 pontba kerül. A folyamat alatt a munkaközeg egy része lecsapódik, a maradék gőz halmazállapotban hűl és tágul. A folyamat végére a folyadék energiája annnyival lesz kisebb, mint a gőz energiája nagyobb, de összességében a keletkezett munkával lesz kisebb. Az alacsony energiaszintű folyadék feladata, hogy hűtőhatást biztosítson a gőz visszakomprimálásához;
- ha az előre meghatározott mennyiségű folyadékot és a magasabb hőmérsékletre komprimált gőzt egy keverő hengerbe betöltjük, akkor instabil állapot keletkezik. A folyadék elkezd párologni és forráshőjével azonos hőt von el a gőztől. Az elpárolgott folyadék keveredik a gőzzel, ezáltal a gőz sűrűsége nő, de a folyadék elsősorban hűti a gőz halmazállapotú munkaközeget.

Felismertük, hogy ha a hőmérsékletesést komprimálással megakadályozzuk, a munkaközeg két okból is sűrűsödni kezd: egyrészt a komprimálás miatt, másrészt a kitágult, gőzzé vált folyadék térfogatának növekedése miatt. Ezzel egy olyan hűtőkör jön létre, amely a gőz munkaközeget visszaállítja az eredeti állapotba. Az eljárásnál nincs szükség a teljes folyadék bekeverésére ahhoz, hogy az eredeti állapotba visszakomprimáljuk a gőz munkaközeget, a maradék folyadék pedig szabadon hasznosítható.

A megfogalmazott célokat olyan, hűtésre és környezeti hő hasznosításra alkalmas termodinamikai eljárással valósítjuk meg, amely eljárást egy termodinamikai gépben a következő lépésekkel hajtjuk végre:

- a) gőzzel expanziót végezzünk a vegyes halmazállapotú mezőben,
- b) a nedves gőz halmazállapotú munkaközeget halmazállapot szerint folyadék és gőz összetevőkre választjuk szét,
- c) gőz hőmérséklet emelést hajtunk végre,
- d) kompresszióval egybekötött gőz, folyadék keverést hajtunk végre,
- e) az a)-d) körfolyamatot ciklikusan ismételjük.

A találmány tárgyába tartozik a hűtésre és környezeti hő hasznosításra alkalmas termodinamikai eljárást alkalmazó integrált hűtőerőforrás, törpeerőmű és nagyermű működtetésére.

A találmány szerinti, hűtésre és környezeti hő hasznosítására szolgáló eljárás a megtermelt munka egy részét elfogyasztja, de a maradék (lásd a 3. ábra A rajzát) hasznos energiaként felhasználható. Ez a közvetlen Co/Pp vagy CoPp hűtőerőforrás.

A találmány szerinti hűtési eljárás a hűtésnél magába szívott hőenergiát, a folyadék-halmazállapotú munkaközeg párolgási hőenergiaigénye veszi fel, ezért a környezeti hőtől független, tehát bármilyen hőmérsékleten gazdaságosan képes hűteni. Összességében elmondható, hogy a magába szívott energiát munkává alakítja.

A hűtési eljárásnak másik fő célja a környezeti hő hasznosításának megvalósítása oly módon, hogy a CoPp hűtőerőforrás (lásd a 3. ábra B rajzát) a Pp hagyományos erőművi eljárást környezeti hő alatti hőmérsékleten teszi működőképessé azáltal, hogy a fáradtgőz munkaközegét visszahűti folyadék halmazállapotúra. A környezeti hőmérséklet alatti erőmű előnye, hogy hagyományos kazán helyett a munkaközeg nagynyomású telített gőzzé alakítását hőcserélő végzi, amely a környezeti hőből kapja az energiát. Ez a környezeti hő hasznosítására alkalmas eljárás másik változata. Az itt tárgyalt hűtőerőforrás, mint alapgép alkalmazásával, a Pp környezeti hő hasznosítása az eddig ismert technikai megoldásokkal is megvalósítható.

A 3. ábrán mutatott Co/Pp, vagy CoPp hűtőerőforrás az 1. és 4. ábrán látható eljárás Carnot egyenértékű téglalapja, a Pp pedig a ráépített hőerőgépek által megtermelhető munkátillusztráló téglalap. Az A rajzon egy magas hőmérsékletű CoPp, hűtőerőforrás, B rajzon középmagas CoPp+ Pp integrált hűtőerőforrás és ráépített hőerőgép, C rajzon Co/Pp+2*Pp hűtőerőforrás és 2 darab ráépített hőerőgép látható.

Jelezzük, hogy a termodinamika 2. főtételebe hibásan beleértelmezték, hogy nem lehet olyan folyamatosan működő gépet csinálni, amely a környezeti hő rovására hasznos energiát hoz létre. Ezt egy T-s diagramban szokták illusztrálni. Ez a 3. ábra Pp+Co rajzán látható. A Pp kisebb elől lévő téglalap a hőerőgép Carnot körfolyamata, a mögötte lévő Co nagyobb téglalap a hűtőé. A téglalapok területe a munka nagyságával arányos. Tehát a hűtő nagyobb munkaigényű, mint a hőerőgéppel megtermelhető munka, ami értelmetlen, veszteséges.

A találmány célkitűzései elérhetők az 1., 2., 6. igénypontokban jellemzett eljárásokkal, amelynek előnyös megvalósítási módjait az aligénypontok tartalmazzák.

A találmányt a csatolt rajzokra hivatkozással ismertetjük részletesen, ahol

- az 1. ábra a hűtésre és a környezeti hő hasznosítására alkalmas termodinamikai eljárás T-S diagramja,
- a 2. ábra az eljárást megvalósító gép sematikus rajza,
- a 3. ábra a technika állása és az 1. ábra szerinti eljárás hűtőerőforrását szemlélteti,
- a 4. ábra az 1. példa T-S diagramja,
- az 5. ábra az 1. példa sematikus rajza,
- a 6. ábra a 2. példa T-S diagramja,
- a 7. ábra a 2. példa sematikus rajza,
- a 8. ábra a 3. példa T-S diagramja és
- a 9. ábra a 3. példa sematikus rajza.

A továbbiakban a leírásban a következő kifejezéseket és jelöléseket használjuk:

- Termodinamikai eljárás (továbbiakban: alapeljárás), jele W3;
- Alapgép: egy alapeljárás és az általa létrehozott folyadék hasznosítását végrehajtó eljárás együttesét megvalósító gép. Jele: Co/Pp vagy CoPp.
- 1. példa: Hűtőerőforrás. Csak az alapgépet tartalmazza, jele CoPp.
- 2. példa: Alapgép és erőművi eljárás, jele CoPp+Pp
- 3. példa: Alapgép és erőművi eljárások, jele Co/Pp+2*Pp

Az 1. ábrán látható folyamatos vonallal jelölt téglalap a találmány szerinti termodinamikai eljárást, mint alapeljárást szemlélteti. A leírásban 0 – 11 számokkal az állapotváltozás helyét jelöljük.

I. Az alapeljárás W3

Az 1. ábrán az 1-2-3-4-1 pontokkal bemutatott körfolyamat az egyik W3 alap eljárás.

- a) A munkaközeget 1-2 kiexpandáljuk.
- b) Az 1-2 expanzió ahhoz szükséges, hogy a munkaközeget folyadékra és ~~telített~~ gőz halmazállapotra bontsuk és itt megy végbe a hő munkává alakítása. Az 1-2 folyamat alatt a munkaközeg végighalad az 1-0, és 1-3 telítettségi görbén és 0 folyadékra, valamint ~~telített~~ 3 gőzre bomlik.
- c) Kompresszióval megnöveljük a 3 gőz hőmérsékletét a meghatározott 4 hőmérsékletig.
- d) A 0 folyadék és 4 gőz munkaközeget 4-1 keveredéssel egybekötött kompressziónak vetjük alá. Az eljárási lépésnél a megfelelő mennyiségű 0 folyadék, valamint a 4 gőz C401 munkahengerbe töltésével és a dugattyú eltolásával a 4 gőz hőmérsékletesése megakadályozható és a gőz sűrűsödik. A magasabb hőmérsékletű 4 gőz és az alacsonyabb hőmérsékletű 0 folyadék instabil állapotot hoznak létre, amelynél a 4 telített gőz hűlne, a 0 folyadék pedig párologna. Ha akkora kompressziót végzünk a dugattyúval, hogy a hőmérséklet állandó maradjon, tehát fenntartjuk az instabil állapotot a párolgási folyamat alatt, akkor a keverék elérheti az 1 pontot. Jól beállított 0 folyadék és 4 gőz tömegarány esetén az összes folyadék elpárolog, ezáltal homogén, stabil állapotú 1 gőz keletkezik. Fontos megjegyezni, hogy az itt említett folyamathoz nincs szükség a teljes 0 folyadék mennyiségre. Fontos megjegyezni, hogy a W3 alapeljárás mindegyik alapgépben megtalálható.

Összefoglalva:

Eljárás hűtésre és környezeti hő hasznosítására egy termodinamikai gépben végrehajtva, azzal jellemezve, hogy

- a) a gőzzel expanziót végzünk a vegyes halmazállapotú mezőben,
- b) a nedves gőz halmazállapotú munkaközeget halmazállapot szerint folyadék és gőz összetevőkre választjuk szét,
- c) egy gőz hőmérséklet emelést hajtunk végre,
- d) egy kompresszióval egybekötött gőz, folyadék keverést hajtunk végre,
- e) az a)-d) körfolyamatot (W3) ciklikusan ismételjük.

II. Alapgép Co/Pp

Az 1. ábrán az 1-2-3-4-1 pontokkal bemutatott körfolyamat a W3 alap eljárás. Az 1. ábrán látható folyamatnál 2 kg munkaközeget használunk, amely az a) lépésben 1 kg folyadékká és 1 kg gőzzé oszlik, ezáltal így hasonlít legjobban az 1 KJ/kg*K-es T-s diagramhoz. Az 1. ábrán illusztrált téglalap a legjobb követhetőség miatt téglalap, egyébként a 2-3 vonal kivételével mind politropikus is lehet.

Az 1. ábrán szemléltetett körfolyamat sajátosságai a következők:

- a 4 gőz 1 pontba visszaállításához nincs szükség az összes folyadékra. Ez a hűtőhatás és erőforrás szempontjából meghatározó,
- az eljárás alatt hűtőhatás nem keletkezik, mert azt a maradék 0 folyadék fogja létrehozni,
- a 2-3-4 szakaszban a munkaközeg 1 kg. A 4-1 folyamat végére már számottevően több munkaközeg lesz a munkahengerben, de emiatt viszont a sűrűsége is megnő. Bizonyíthatóan 1 kg munkaközeg komprimálásával kell számolni munka szempontjából, függetlenül attól, hogy a munkaközeg gőz tömege folyamatosan nő,
- az 1 pontban a bekevert 0 folyadék tömegével nagyobb lesz az 1 gőz munkaközeg tömege, viszont a munka számítása érdekében megosztható. Előnyösen 1kg-ra és W12H maradékra érdemes bontani, miáltal a téglalap 1-2 szakasza is 1 kg tömegre vonatkozik és a területét adó $W3 = \Delta T \cdot \Delta s$ szorzat egyértelműen megadja a folyamathoz szükséges munka értékét. Ebből kell levonni az adiabatikus expanzió W12H maradék tömegarányos munkáját, ezáltal pontos összeg kapható a befektetendő munka mennyiségéről. Ha a bekevert folyadék tömege Z, akkor $W12H = \Delta H(12) \cdot Z(\text{Kg})$.

A hűtőhatás sajátosságai:

A hűtést és a hasznos energiatermelést a nem bekevert, maradék 0 folyadék halmazállapotú munkaközeg végzi. A hűtési felhasználási módok az 1. ábrán szaggatott vonalakkal vannak ábrázolva.

- legegyszerűbb a Cool-középmagas hűtés. Ekkor a 0 folyadék a 0-2 vonalon kerül elpárologtatásra. A folyamat praktikusán egy hőcserélőben megy végbe a gőz állapotig és csak a fele tömeg áramlik át rajta. A maradék 0 folyadék továbbra is a gyűjtő tartályban marad, ezáltal megőrizve a 2 állapotnak megfelelő tömegarányt. Ebben az esetben a hűtő működtetéséhez a folyamatos vonallal jelzett és ismertetett W3-W12H munkát igényli a hűtés,

- a Cool-alsó hűtésről akkor beszélünk, ha a munkaközeget a 0-8-9-2 vonalon vezetjük végig, az előbb említett módon. Ekkor az előbbihez képest alacsonyabb hőmérsékleten hűt, de a munkaigénye $W4 + W3 - W12H$, tehát nagyobb,

- a Co/Pp felső hűtésnél a 0 folyadékot az 0-6-7-2 vonalon vezetjük végig. Ekkor $W1 - W3 + W12H$ munkát ad le a folyamat, mert a W1 tömegarányos terület nagyobb, mind a W3-W12H munka igény. Ezt nevezzük hűtőerőforrásnak, ami egy hagyományosan elfogadott erőművi eljárás. A 2. ábrán Pp-vel van jelölve és szaggatott vonallal van elválasztva a Co alap eljárástól,

- a mobil hűtőnél a $W3 - W12H = W5$. A folyamat nem fogyaszt, nem termel. A megtermelt munkát a működéséhez felhasználja. A munkaközeg helyes megválasztásával a környezeti hő alatti hőmérséklet tartományban bárhol működhet. Az eljárás ciklikus ismételtetésével folyamatos hűtés és hasznos energia biztosítható.

Az eljárás statikus üzemre vonatkozik, mert az eljárás bemutatása szempontjából az jobban követhető. A gyakorlatban nagy valószínűséggel a keverőhengerbe a 0 folyadékot beporlasztással kell benyomni, hogy a folyamat felgyorsuljon és a ciklusidő csökkenjen, vagy például a 2 ábra C34, C401 egy gépelem. A 4 gőzt hirtelen összekomprimálja a dugattyú és folyadék beporlasztással tovább sűríti az 1 állapotig.

Környezeti hő minden felhasználásra alkalmas hő lehet, beleértve a folyók, a tenger, az erőművek, az égető kemencék kommunális hulladék stb. hulladékhőjét.

A leírásban, de még a számításoknál sem vettük figyelembe a folyadék térfogatát, mert a nagysága elhanyagolható a gőzéhez képest. Ráadásul folyamatos befecskendezéses üzemben nem is foglal helyet a munkahengerben.

A hűtési és hűtőerőforrási eljárás lépései

A körfolyamatot megvalósító hűtő eljárás az 1. ábrán látható T-s diagramon és a 2. ábra sematikus rajzán követhető. A 2. ábrán szaggatott vonallal elválasztott egységek közül a Pp egy hagyományos erőmű, a Co pedig a gőz 1 állapotba visszaállítását végzi.

a) A 2. ábrán az 1 pontban lévő induló állapotú munkaközeget E12 expanziós gépben adiabatikusan expandáltatjuk a kívánt nyomásig és hőmérsékletig, ezáltal a munkaközeg 2 vegyes halmazállapotba kerül, 0 folyadékra és 3 gőzre bomlik.

b) A 0 folyadék halmazállapotú munkaközeget elválasztjuk a 3 gőz halmazállapotútól egy 230 ülepítő tartályban.

c) A 3 gőzt összenyomással, adiabatikus kompresszióval C34 kompressziós gépben felmelegítjük, meghatározott 4 hőmérsékletre és nyomásra.

d) A 4 gőzt és a C00' kompressziós géppel azonos nyomásra komprimált 0' folyadékot megfelelő tömegarányban betoljuk, célszerűen beporlasztjuk a C401 kompressziós gép munkahengerébe, ahol megkezdődik a keveredés. A keveredéssel egyidejűleg a C401 kompressziós géppel úgy komprimáljuk a vegyes fázisú munkaközeget, hogy a 4 gőz hőmérséklete állandó maradjon.

Az alább feltüntetett paraméterek esetén a csökkenő térfogatú C401 munkahengerben megnövekedett tömegű 4 gőz munkaközeg a kettős hatása miatt nagynyomású 1 gőz állapotba kerül vissza. A C401 munkahenger nagy valószínűséggel lassabb üzemű lesz a többi gépegységénél, ezért várhatóan több darabra is szükség lehet egy gépen belül. Ezért célszerű beépíteni a P puffer tartályokat.

Az 1. ábrán 1-2-3-4-1 pontokkal bemutatott körfolyamat a W3 alap eljárás. Lényege, hogy ebben az esetben nem a környezet hűt a gőz fázisú munkaközeg visszakomprimálásánál, hanem a C401 munkahengerben elpárolgó folyadék fázisú munkaközeg.

e) Mint azt korábban említettük a 3 kiexpandált gőz munkaközeg vissza állításához nincs szükség az összes folyadékra. A maradék 0 folyadékot több módon is hasznosíthatjuk. A 2. ábrán egy általánosan elfogadott erőművi eljárás látható.

egy expanziós gépben, vagy fojtószelepen keresztül tovább kiexpandáljuk és hőcserélőn vezetjük át. Ezáltal alacsonyabb hőmérsékleten képes hűteni.

f) A megmaradt 0 állapotú folyadékot C06 adiabatikus kompresszió után 6 állapotból állandó nyomáson, Q67 hőcserélőben, külső hőenergiabevittel 7 állapotba visszük. A nagy nyomású 7 telített gőz energiáját E72 expanziós gép munkává alakítja és 2 állapotban, vegyes fázisként a 230 tartályba tölti. Ez a körfolyamat a W1, ahol a hasznos energia keletkezik. Ez egy jelenleg is általánosan elfogadott erőművi eljárás.

g) Az eljárást ciklikusan ismételjük.

A ciklikusan ismétlődő folyamatban minden egyes ciklusban a 6-7 pontok között Q67 hőcserélő által a környezetből hőenergia elvonás, tehát hűtés történik. Az elméleti számítások szerint, parahidrogén munkaközeggel számolva az 1 kg munkaközegből 0,22 kg folyadék bekeverésére van szükség a 0,5 kg 4 gőz 1 állapotába visszakomprimáláshoz. A maradék 0,28 kg folyadék szabadon hasznosítható. Hűtőhatása $S=3 \text{ KJ/Kg,K}$ és a folyadék kihasználásától függően $W=0-35 \text{ KJ/kg,ciklus}$ hasznos munkát képes végezni. Az 1. ábrán látható W1 egy ilyen eljárást ábrázol és 31 KJ/kg,ciklus a hasznos munkavégzése. Ha másodpercenként 1 ciklust végez, akkor 31 KW a teljesítménye, 31 KW/h energiát termel. Az alábbi táblázatban a példában szereplő munkapontok értékei megtalálhatók. Ez alapján a gép megépíthető és a veszteségek figyelembevételével korrigálható.

Hűtőerőforrás	T	Weff p	31 d	KJ/Kg,Ciklus v / %	Shűt u	3 h	KJ/Kg,K,Ciklus s	Wh terület számítás	
1	32,799	1,2598	24,738	0,0404	289,08	340,01	11,004	W1	148,477
2	20,271	0,1013	2,627	0,5%	184,5	223,06	11,004	W(1-2)	51,458
3	20,271	0,1013	1,339	0,7471	370,37	446,06	22,005	W3	137,821
4	32,799	0,3329	2,710	0,3690	438,89	561,73	22,005	2	Kg 62,1142
0	20,271	0,1013	70,828	0,0141	-1,433	0,00	0	1	Wh 31,0571
6	25,78	15	79,347	0,0126	8,4182	197,46	0		31
7	64,5	15	50	0,02	380,6	680,60	11,004	Hűtőhatás	
Tömegek kg	össz	2		Bekevert folyadék	0,44	Hasznos	0,56	S6-7	3,08112
								3	240 K

A táblázat adatai a NIST: <https://webbook.nist.gov/chemistry/fluid/> „Thermophysical Properties of Fluid Systems” adatbázisból származnak.

Előzetes számítások szerint az 1-2 expanziós gép helyett a hűtéstechikában alkalmazott expanzió szelepes megoldással is működhet, de hatásfoka messze elmarad az itt ismertetett eljárástól. Egyedül nagy tömegben gyártott háztartási hűtőgépeknél lehet gyártástechnológiai okok miatt létjogosultsága.

Az eddigiekben bemutatásra került az alapeljárás és a hűtési mód. A további példákban olyan beállításokat ismertetünk, amelyek különböző felhasználói igényeket elégítenek ki, mutatva az eljárás sokoldalúságát. Mindegyik példában felfedezhető az alapeljárás, amely W3 jelzéssel van megjelölve.

Példák a találmány hasznosítására

A példák az alapeljárás felhasználhatóságának illusztrálására szolgálnak.

A. példa: Integrált hűtő erőforrás CoPp (4. 5. ábrák)

Az A. példában egy fejlett, integrált hűtő erőforrás kerül bemutatásra, jele CoPp. Fontos, hogy a hűtő erőforrás olyan lehetőleg egyszerű, indítható - leállítható berendezés legyen, amelynél szakszemélyzet nem áll rendelkezésre. Ezt azzal éri el, hogy a környezeti hőmérséklethez közeli hőmérsékleten dolgozik, ezért a leállított gép például R13-as munkaközege normál hőmérsékleti körülmények között is tárolható.

Az eljárás a 4. ábrán T-S diagrammon, valamint 5. ábrán lévő sematikus rajzon látható.

Az eljárás fő jellegzetessége, hogy nem közvetlenül a maradék folyadékot használja fel munkavégzésre, hanem a gőz munkaközege végez munkát és a folyadék csak a 6-1 szakaszban az entrópia csökkentését végzi. A továbbiakban célszerű a körfolyamatot a 2 ponttól kezdve vizsgálni. A 3 gőz a 3-4-5-6-1-2 állapotváltozásokon halad végig. A 0 folyadék csak a 6-1 szakaszon avatkozik be, mint a keveredés egyik eleme. Munka szempontjából a 6-X szakaszt a W1 körfolyamathoz érdemes beszámítani, ezáltal a téglalap záródik és így a W1 terület meghatározza a hasznos munka nagyságát. Értelmeszerűen az X-1 szakaszt pedig a W3 körfolyamathoz érdemes beszámítani. Számítások szerint körülbelül 20% folyadék elegendő a 6 fázisú gőz visszakomprimálásához.

Az 5. ábrán látható sematikus rajz a fentiekben ismertetett eljárást megvalósító gépet mutatja be. A 230 ülepítő tartályban lévő 2 állapotú munkaközege 3 telített gőzét a C34 kompressziós gép a kívánt 4 hőmérsékletre és nyomásra sűríti. Az E45 izotherm expanziós gép nagy nyomású 4 gőzt 4-5 kiexpandálja és ezáltal hasznos munkát végez. Az izotherm folyamathoz szükséges hőenergiát egy Q hőcserélőn keresztül környezeti hőenergia biztosítja, ezáltal a környezetet hűti, tehát hűtőgépként is működik. Következő lépésben 5 állapotú munkaközeget az E56 expanziós gép 6 állapotba expandálja, adiabatikus expanzióval. Ekkor szintén hasznos munka keletkezik. A 6 állapotból 1 állapotba visszakomprimálás a már korábban tárgyalt E061 kompresszióval egybekötött keveredéssel kerül megvalósításra. Végül a munkaközege 1 állapotból 2 állapotba E12 adiabatikus expanziós gépen keresztül jut vissza a 230 ülepítő tartályba.

Mivel az 5. ábra és a fenti leírás a B. példában is ugyanaz, ezért ott külön nem tárgyaljuk.

Az eljárás alkalmazkodása a környezeti hőmérsékletre abban nyilvánul meg, hogy a 4-5 szakasz hőmérsékletének változtatásával a folyamat a környezeti hőmérsékletre igazítható. A gép a 4. ábrán látható 240 K⁰-os beállítással hőcserélőtől függően, körülbelül 24 C⁰-os környezeti hőmérsékletnél még 100 %-os teljesítménnyel képes működni. Előfordulhat, hogy magasabb hőmérsékletű hulladékhőt kívánunk vele hasznosítani. Például ha hagyományos hőerőmű 60 C⁰-os fázisgőzét akarjuk felhasználni, akkor magasabb hőmérsékletű 3-4'-5'-6 állapotváltozáson vezetjük végig a folyamatot. Ez esetben sokkal nagyobb hatásfokú hűtőerőforráshoz jutunk.

Szabályozási lehetőségeket tekintve leginkább a folyadék-gőz arány változtatásával lehet hűtésre, vagy energiaforrásra optimalizálni. Ez praktikusán a 4. ábrán a 3 telített gőz határgörbe vonalán 1 pont C változtatásával oldható meg.

A berendezés alsó hűtésre is képes azáltal, hogy a 1-2 szakaszt magasabb hőmérsékletére, 1'-2' szabályozzuk. Az új beállításnál már keletkezik annyi tartalék folyadék, hogy a 10-11 alsó hűtést megvalósítsa. Energetikai szempontból erre akkor lehet szükség, ha alacsonyabb hőmérsékleten működő hűtő erőforrást kívánunk elindítani, mint például a következő példában, vagy a gép leállásakor. Ebben az esetben a szabályozás a maximális alsó hűtésig szabályoz és a lehető legtöbb folyékony munkaközeget egy jól szigetelt duplafalú tartályba tárolja.

B. példa: Törpeerőmű (6., 7. ábrák)

A törpeerőmű az oxigénnel működtetett alapgépet használja, amely megegyezik az A példában szereplővel, de a 5. ábrán látható erőművi eljárással együtt működve, így a 3. ábra B rajz CoPp és Pp eljárások összege adja az összteljesítményt. Az alapgép hűtőhatása teszi lehetővé az erőművi eljárás alkalmazhatóságát azáltal, hogy az alapgép M-N hűtőhatásával (lásd a 6. ábrán) az R22 munkaközeget alkalmazó Pp eljárás M-N szakaszban történő fázisátváltást visszaceppfolyósítását végzi. Ezáltal a kazán helyett hőcserélő végezheti a nagynyomású telített gőz létrehozását. Ez a környezeti hő hasznosítására alkalmas eljárás másik változata.

C. példa: Nagyerőmű

A fentiekben ismertetett Co/Pp és CoPp is lehet nagyerőmű alapgépe. Ebben a példában egy, a 2. ábrán látható parahidrogén munkaközegű Co/Pp alapgépet és felette pedig nitrogén és oxigén munkaközeggel megvalósított hagyományos Pp erőművi eljárásokat láthatunk. A munkaközeg aránya megfelel a levegő arányának. Az alapgép elsődleges feladata a nitrogén és oxigén visszakondenzálása. Azért érdemes az 1. ábrán látható Co/Pp alapgéppel a nagyerőművet működtetni, mert a fűtő levegőt is le tudja kondenzálni, ugyanis ha a rendszer hőellátása levegővel történik, az ellenhatás miatt a fűtő levegő hűl. A „forró” -13 C⁰-os fűtő levegő hőmérséklete -186 C⁰-osra csökken. Innen egy másik Co/Pp alapgéppel a fűtőlevegőt is le lehet kondenzálni az így kialakult folyékony levegőt egy másodlagos erőmű újra hasznosíthatja. És ez többször ismétlődhet. Amennyiben az erőmű teljes teljesítményére nincs szükség, a lekondenzált levegőt alapgéppel hűtve tároló tartályokban energia tárolásra lehet használni.

Mivel a bemutatásra került példákban a keveredéssel egybekötött kompresszió szakaszában izotermikus folyamatot választottuk, ezért a szabályozásnak a hengerben uralkodó hőmérsékletet kell figyelnie, ami elég körülményes, mert a keveredés nem molekuláris szinten történik és helyi hőmérsékletkülönbségek alakulhatnak ki. Ezért érdemes a nyomás görbét felvenni és inkább a dugattyú tolását a nyomás függvényében szabályozni.

Az eljárások, ahol lehet, azért téglalap alakúak, mert a keletkezett munkát könnyen lehet számolni és ezért könnyebben érthető.

A leírtakból látható, hogy a találmány képes megvalósítani a kitűzött célokat, mert

- bármilyen hőmérsékleten képes hűteni,
- közvetve energia tárolásra is alkalmas,
- gázok folyékony halmazállapotba hozására és tárolására is alkalmas,
- gázok frakcionálási desztillációjára is alkalmas,
- háztartási és ipari hűtést igénylő technológiák hűtője lehet,
- erőművek alapgépe lehet és
- erőforrás is lehet.

Szabadalmi igénypontok

1. Eljárás hűtésre és környezeti hő hasznosítására egy termodinamikai gépben végrehajtva, azzal jellemezve, hogy

- a) gőzzel expanziót végezzünk a vegyes halmazállapotú mezőben,
- b) a nedves gőz halmazállapotú munkaközeget halmazállapot szerint folyadék és gőz összetevőkre választjuk szét,
- c) gőz hőmérséklet emelést hajtunk végre,
- d) kompresszióval egybekötött gőz, folyadék keverést hajtunk végre,
- e) az a)-d) körfolyamatot ciklikusan ismételjük.

2. Az 1. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy

- a) a nedves gőz halmazállapotú munkaközeget expandáltatjuk (1-2),
- b) a nedves gőz halmazállapotú munkaközeget halmazállapot szerint folyadék (0) és gőz (3) összetevőkre választjuk szét,
- c) adiabatikus kompresszióval növeljük a gőz (4) halmazállapotú munkaközeg hőmérsékletét (3-4) és instabil állapotot hozunk létre,
- d) a folyadék (0) és gőz (4) munkaközegeket keveredéssel egybekötött kompressziónak (4-1) vetjük alá, amely során a kompresszióval a gőz (4) hőmérsékletét állandó értéken tartjuk és a folyadékot (0) elpárologtatva stabil állapotú gőzt (1) hozunk létre,
- e) a maradék (0) folyadékot hasznosítjuk és
- f) az eljárás ciklikusan ismételjük.

3. A 2. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy a d) lépésben a maradék folyadékot (0) hőcserélőben nedves gőz (2) állapotig elpárologtatva hűtőgép üzemmódot állítunk be.

4. Az 2. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy az e) lépésben a maradék folyadékot (0) expanziós gépben, vagy fojtószelepen keresztül kiexpandáljuk és hőcserélőn keresztül a nedves gőz (2) állapotig elpárologtatjuk, majd kompresszióval kezdeti nyomásra (2) visszaállítjuk.

5. Az 2. igénypont szerinti eljárás, azzal jellemezve, hogy az e) lépésben a maradék folyadékot (0) kompresszorral (C06) egy hőcserélőbe betoljuk (6); a hőcserélőben (Q67) külső hőbevitellel magasabb hőmérsékletű és nyomású, túlhevített gőzzé (7) alakítjuk; a túlhevített gőzt (7) expanderben (E72) munkává alakítjuk; majd a nedves gőzt (2) további felhasználás céljából tartályba vezetjük (230).

6. Eljárás integrált hűtőerőforrás működtetésére az 1. igénypont szerinti eljárás lefolytatásával, azzal jellemezve, hogy

- a) a munkaközeg (2) gőzét (4) adott hőmérsékletre és nyomásra sűrítjük,
- b) a gőzt (4) környezeti hőenergia bevétele mellett izotermikusan expandáltatjuk (4-5),
- c) a munkaközeget (5) adiabatikusan expandáljuk (5-6),
- d) a munkaközeget (6) keveredéssel egybekötött kompressziónak vetjük alá (6-1), és
- e) a munkaközeget (1) adiabatikusan expandáljuk (1-2).

7. Eljárás törpeerőmű működtetésére a 6. igénypont szerinti eljárás lefolytatásával, azzal jellemezve, hogy a hőcserélő (Q) hűtőhatásával a ráépített erőművi eljárás fáradt gőztét (M-N) lekondenzáljuk.

8. Eljárás nagyerőmű működtetésére a 2. igénypont szerinti eljárás lefolytatásával, azzal jellemezve, hogy a ráépített erőművi eljárás fáradt gőztét Co/Pp hűtőerőforrással végezzük.

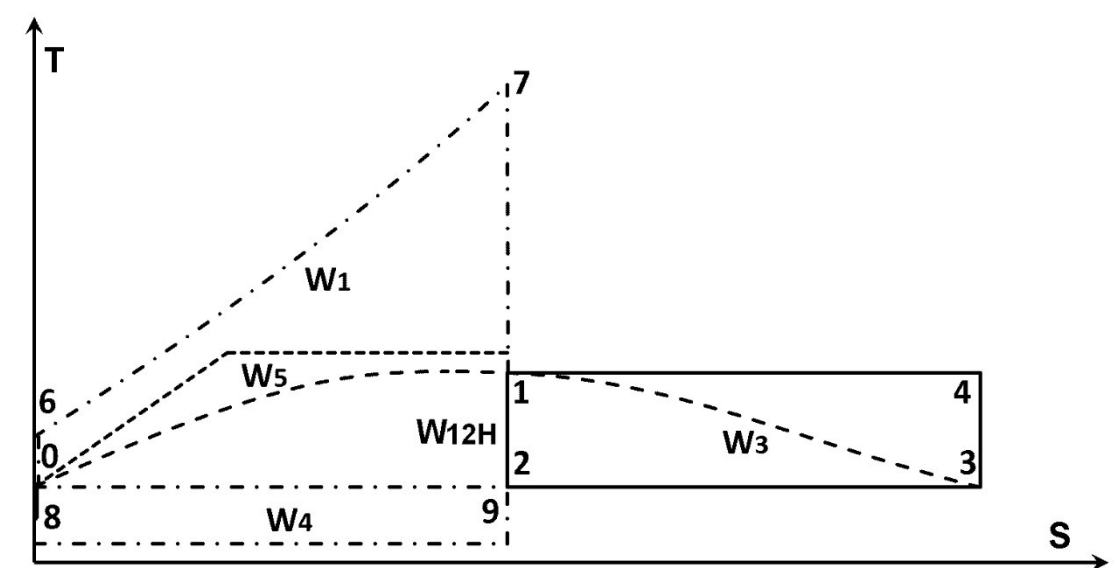
Kivonat

Eljárás hűtésre és környezeti hő hasznosítására

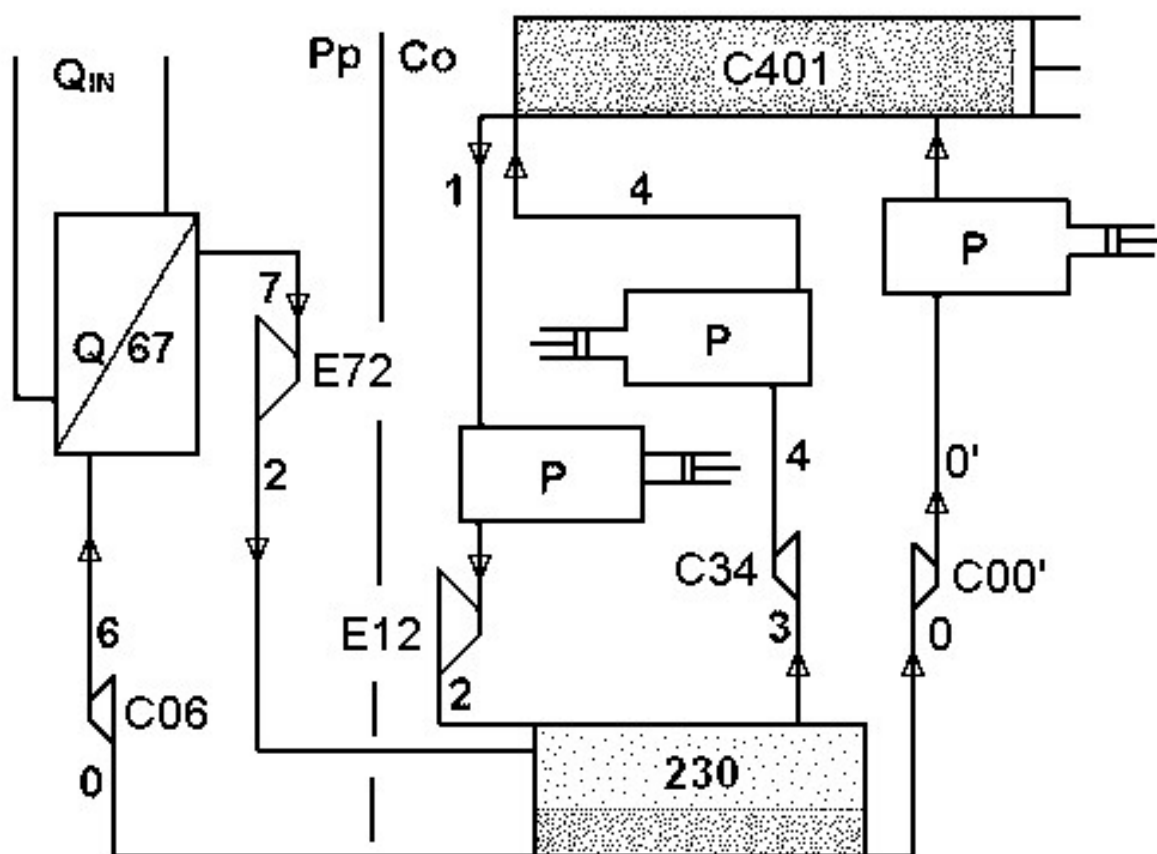
A találmány tárgya eljárás hűtésre és környezeti hő hasznosítására, amelyet egy termodinamikai gépben megvalósítva a következő lépéseket tesszük:

- a) a gőz halmazállapotú munkaközeget adiabatikusan expandáltatjuk (1-2),
- b) a nedves gőz halmazállapotú munkaközeget halmazállapot szerint folyadék (0) és gőz (3) összetevőkre választjuk szét,
- c) adiabatikus kompresszióval növeljük a gőz (3) halmazállapotú munkaközeg hőmérsékletét (3-4),
- d) a folyadék (0) és telített gőz (4) munkaközegeket keveredéssel egybekötött kompressziónak (4-1) vetjük alá, amely során a kompresszióval a gőz (4) hőmérsékletét állandó értéken tartjuk és a folyadékot (0) elpárologtatva stabil állapotú gőzt (1) hozunk létre,
- e) az eljárást ciklikusan ismételjük.

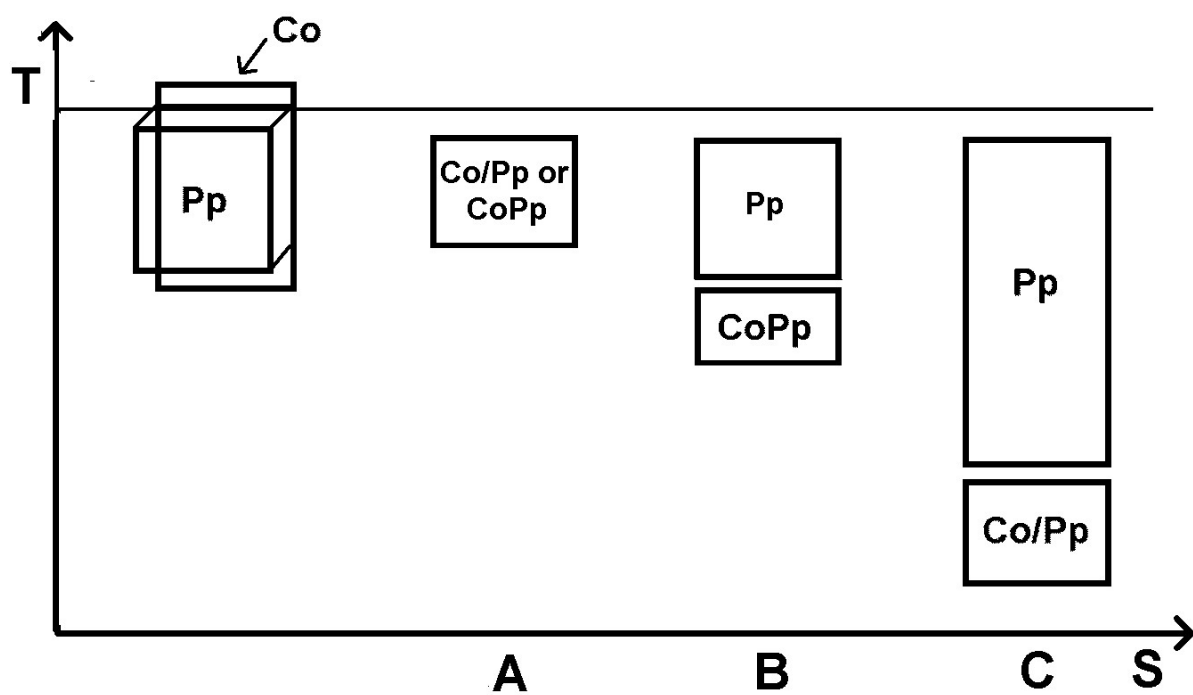
Jellemző ábra: 1. ábra



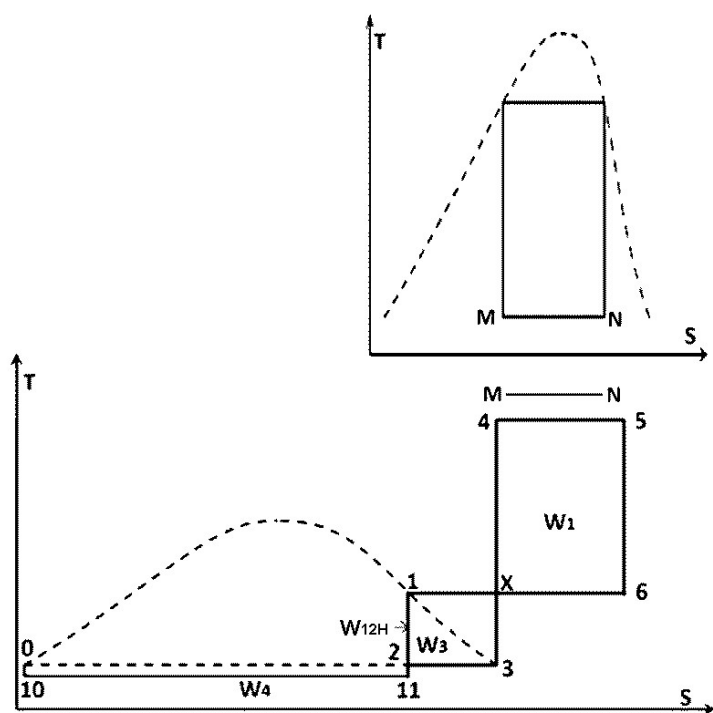
1. ábra



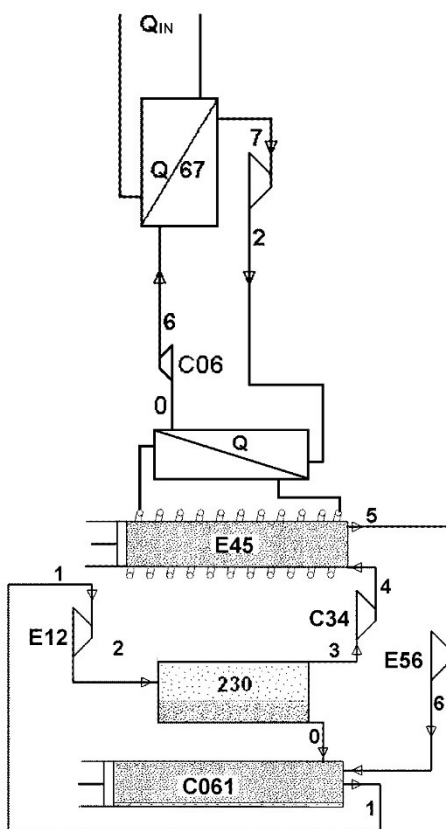
2. ábra



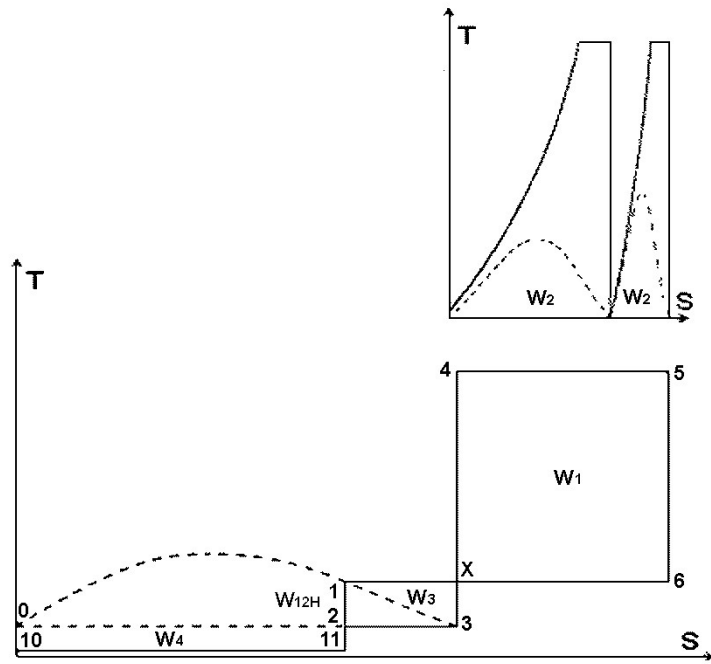
3. ábra



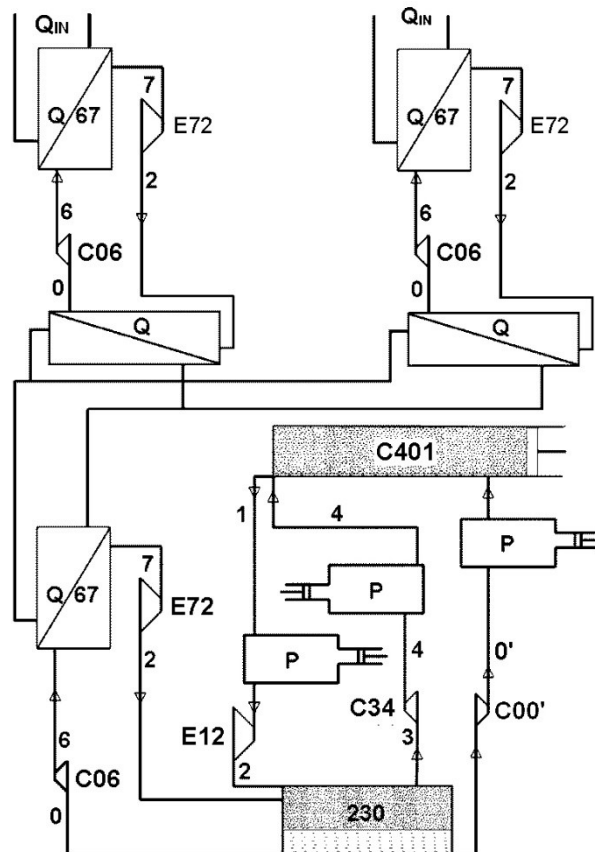
6. ábra



7. ábra



8. ábra



9. ábra