(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4388067号
(P4388067)

(45)発行日　平成21年12月24日(2009.12.24)　(24)登録日　平成21年10月9日(2009.10.9)

(51)Int.Cl.		F I		
F01K 25/06	(2006.01)	F01K	25/06	
F03G 4/00	(2006.01)	F03G	4/00	521
F01K 7/34	(2006.01)	F01K	7/34	

請求項の数 6　(全 9 頁)

(21)出願番号	特願2006-521427(P2006-521427)
(86)(22)出願日	平成16年7月7日(2004.7.7)
(65)公表番号	特表2007-500811(P2007-500811A)
(43)公表日	平成19年1月18日(2007.1.18)
(86)国際出願番号	PCT/EP2004/007443
(87)国際公開番号	WO2005/014981
(87)国際公開日	平成17年2月17日(2005.2.17)
審査請求日	平成18年8月4日(2006.8.4)
(31)優先権主張番号	10335134.5
(32)優先日	平成15年7月31日(2003.7.31)
(33)優先権主張国	ドイツ(DE)

(73)特許権者　390039413
シーメンス　アクチエンゲゼルシヤフト
Ｓｉｅｍｅｎｓ　Ａｋｔｉｅｎｇｅｓｅｌｌｓｃｈａｆｔ
ドイツ連邦共和国　Ｄ－８０３３３　ミュンヘン　ヴィッテルスバッハープラッツ　２
Ｗｉｔｔｅｌｓｂａｃｈｅｒｐｌａｔｚ　２，　Ｄ－８０３３３　Ｍｕｅｎｃｈｅｎ，　Ｇｅｒｍａｎｙ
(74)代理人　100075166
弁理士　山口　巖

最終頁に続く

(54)【発明の名称】熱力学サイクルの実施方法と装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

液状の作動流体（１３）をポンプにより汲み上げて与圧し、

該与圧された液状の作動流体（１４）を第１の部分流体（１６）と第２の部分流体（１７）に分割し、この際第１の部分流体と液状の作動流体（１３）は同じ温度とし、

第１の部分流体（１６）を、熱源（２０、２１）の冷却に伴い生ずる熱を利用して一部蒸発させ、

圧力の低下した作動流体（１１）の一部凝縮により生じる熱を利用して第２の部分流体（１７）を部分的に蒸発させ、

一部蒸発した第１と第２の部分流体（１６ａ、１７ａ）を、一部蒸発した作動流体（１８）として一体化し、

熱源（２０）の冷却で生じる熱を利用した、一部蒸発した作動流体（１８）の完全蒸発によりガス状の作動流体（１０）を生成し、

該ガス状作動流体（１０）の圧力を低下させ、そのエネルギを使用可能な形に変換し、かつ圧力の低下した作動流体（１１）を生成し、更に

圧力の低下した作動流体（１１）の一部凝縮により生じる、圧力の低下した作動流体（１２）を液状の作動流体（１３）を生成するため完全に凝縮させる工程を含み、

前記第１と第２の一部蒸発させた部分流体（１６ａ、１７ａ）が、同じ温度及び同じ蒸気含有量を有し、かつ

前記作動流体としてアンモニアと水の混合物を使用する

ことを特徴とする熱力学サイクルの実施方法。
【請求項２】
熱源（２０）として、地熱により加熱された液体を用いる請求項１記載の方法。
【請求項３】
熱源（２０）が１００～２００℃の温度を有する請求項１又は２記載の方法。
【請求項４】
液状の作動流体（１３）を汲み上げて与圧するポンプ（３）、
与圧された液状の作動流体（１４）を、同じ温度を有する第１の部分流体（１６）と第２の部分流体（１７）に分割し、第１の部分流体（１６）と液状の作動流体（１３）が同一の温度を有するようにする分流器（４）、
第１の部分流体（１６）を受容し、部分的に蒸発した第１の部分流体（１６ａ）を熱源（２０）の冷却により生成し、かつ放出する第１の熱交換器（ＨＥ４）、
圧力の低下した作動流体（１１）と第２の作動流体（１７）を受容し、この圧力の低下した作動流体（１１）を、第２の部分流体（１７）に熱を伝達することにより冷却し、かつ一部蒸発した第２の部分流体（１７ａ）と、一部液化し、圧力の低下した作動流体（１２）とを放出するための第２の熱交換器（ＨＥ２）、
一部蒸発した第１の部分流体（１６ａ）と一部蒸発した第２の部分流体（１７ａ）とを、一部蒸発した作動流体（１８）と一体化するためのミキサ（５）、
一部蒸発した作動流体（１８）を受容し、ガス状の作動流体（１０）を熱源（２０）の冷却により生成し、かつ放出する第３の熱交換器（ＨＥ５）、
ガス状の作動流体（１０）の圧力を低下させ、そのエネルギを使用可能な形に変換し、この圧力の低下した作動流体（１１）を放出する装置（２）、及び
一部凝縮し、圧力の低下した作動流体（１２）を受容し、完全に液化し、この液状の作動流体（１３）を放出する第４の熱交換器（ＨＥ１）を備え、
前記第１と第２の一部蒸発させた部分流体（１６ａ、１７ａ）が同じ温度と蒸気含有量を有するよう、第１と第２の熱交換器（ＨＥ２、ＨＥ４）の寸法が定められ、更に
前記作動流体がアンモニアと水の混合物からなる
ことを特徴とする請求項１から３の１つに記載の熱力学サイクルの実施方法において使用する装置。
【請求項５】
熱源（２０）として地熱により加熱された液体を用いる請求項４記載の装置。
【請求項６】
熱源（２０）が１００～２００℃の温度を有する請求項４又は５記載の装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、請求項１と７に記載の熱力学サイクルを実施する方法と装置に関する。
熱機関利用発電所（所謂火力発電所）は、熱を機械又は電気エネルギに変換するため熱力学サイクルを利用する。通常の熱機関利用発電所は、熱エネルギを燃料、特に化石エネルギ源の石炭、石油およびガスの燃焼により生成する。その際、その循環過程は、例えば作動流体として水を用いる古典的ランキンサイクルをベースとして進行する。水が高い沸点を持つことから、特に１００～２００℃の温度を持つ、例えば地熱で加熱された液体や燃焼過程からの廃熱を熱源として使用することは経済性に欠けるため魅力的ではない。
この種低温の熱源に関し、近年それらの熱を効率よく機械的又は電気的エネルギに変換可能な種々の工業技術が開発されている。オーガニックな作動（オーガニックランキンサイクル、ＯＲＣ）によるサイクルの他に、特に所謂古典的ランキンサイクルに比べ、カリーナサイクルが効率的に明らかに優れている。このカリーナサイクルをベースとし、多種多様な循環経路が種々の用途に開発されてきた。それらサイクルは作動流体として水の代りに２成分（例えばアンモニアと水）の混合物を使用し、この混合物の非等温的な沸騰及び凝縮工程を、このサイクルの効率をランキンサイクルに比べて高めるべく利用する。

少なくとも１４０℃の熱源温度では、特にカリーナサイクル系統（ＫＣＳ１１）が使用される。その際、熱交換器（以後「予熱－熱交換器」と呼ぶ）内に液状の作動流体をポンプで汲み上げ、この熱交換器内で、圧力を低下させた作動流体の一部凝縮により沸点まで加熱する。この減圧され、沸騰した作動流体を、その後分流器で第１と第２の部分流体に分割する。第１の部分流体は、別の第１の熱交換器内で熱源（例えば地熱で加熱された液体）の冷却により生ずる熱で部分的に蒸発する。第２の部分流体は、別の第２の熱交換器内で圧力の低下した作動流体の一部凝縮に伴う熱により部分的に蒸発する。
一部蒸発した第１と第２の部分流体は、引続きミキサで一体化され、一部蒸発した作動流体を生じる。引続き第３及びその他の熱交換器内で、熱源の熱を一部蒸発した作動流体に伝達することでガス状の作動流体が生じる。
このガス状の作動流体は、引続きタービン内で圧力を低下され、そのエネルギは発電に使用される。この圧力の低下した作動流体は、その後、前述の別の第２の熱交換器及び予熱－熱交換器内で一部凝縮され、引続き復水器内で完全に液化することで、冒頭に述べた液状の作動流体が生じ、こうしてこの循環過程が終了する。
本発明の課題は、前述の従来技術に比べ、同じ熱源で機械的及び／又は電気的エネルギのより高い収量を、装置費用を著しく高めることなく可能にする、熱力学サイクルを実施する方法と装置を提供することにある。
方法に対する課題は、本発明に従い、請求項１に記載の方法により解決される。本方法の有利な実施形態を従属請求項２から６に示す。装置に関する課題は、請求項７に記載の装置で解決される。この装置の有利な実施形態を各従属請求項８から１２に示す。
本発明は、第１の部分流体を一部蒸発させる前の作動流体の温度が低ければ低い程、熱源の熱を益々効率よく利用できるという考え方から出発する。第１の部分流体が、液状の作動流体と同様にほぼ同じ温度である際、熱源からより多くの熱を取り出し、機械的及び／又は電気的エネルギの生産に、液状の作動流体が既に予熱されている場合よりも利用できる。本発明の枠内で「ほぼ同じ温度」とは、例えば第１の部分流体を形成する前の、与圧された液状の作動流体を軽く冷却し、又はこの液状の作動流体をより高い圧力にポンプアップすることで、温度差が極く僅かな値になることを云う。
従って、予熱－熱交換器により沸騰温度に迄圧力を印加された、液状の作動流体を予熱することで、第１の部分流体が、液状の作動流体より高温を有する従来技術におけるよりも、その熱源をよく利用できる。

【０００２】

本発明は、循環経路、特に熱交換器の加熱面の循環経路を適切な寸法にすることで、機械的又は電気的エネルギの生産に、従来技術と比べてほぼ変わらない圧力、温度及びエンタルピーで、更にガス状の作動流体並びに液状の作動流体に不可欠な質量流量を高めることを可能とする。

【０００３】

この場合、熱源の熱を一層よく利用することで獲得できるエネルギは、圧力を印加された液状の作動流体を予熱－熱交換器で予熱すべく、圧力を低下させた作動流体のエネルギを利用しないことによる損失より大きい。確かに加熱面の拡大で設備費用は増大するが、それに伴う損失の増大は、大部分が予熱－熱交換器の省略、その結果として簡略化された配管の操作により補償され、結果として設備費用は概ね変わらない。
この場合、第１と第２の熱交換器を、第１と第２の一部蒸発した部分流体が概ね同じ温度及び同じ蒸気含有量を有する寸法に形成するとよい。

【０００４】

本発明の実施形態では、作動流体として複数成分の混合物を使用する。この複数成分の混合物の場合、２成分混合物、特にアンモニアと水の混合物が好適である。この混合物の非等温的な蒸発と凝縮により、このサイクルで特に高い効率を達成できる。

【０００５】

特に地熱で加熱された液体、特に地熱が熱源である温泉水の使用により、環境を損なわないエネルギの獲得が可能となる。但し熱源として、ガス及び／又は蒸気タービン装置の

排ガス（煙道ガス）や工業生産過程で、例えば鋼鉄の製造時に生じる熱も利用できる。この循環過程の高い効率は、この際、熱源が１００～２００℃、特に１４０～２００℃の温度を有することにより達成可能である。

【０００６】

本発明並びに本発明の従属請求項の特徴に基づく他の有利な形態の実施例を、以下に図面に基づき詳述する。

【０００７】

図１に示す熱力学サイクルを実施する装置１は、熱交換器ＨＥ５を持ち、該交換器の一次側を図示しない地熱源で熱された温泉水２０が貫流し、二次側で第１にミキサ５と、第２にタービン２と接続されている。このタービン２は出口側で熱交換器ＨＥ２の二次側と接続されており、ＨＥ２は、他方でまた復水器ＨＥ１の一次側と接続されている。復水器ＨＥ１はその一次側の出口で、場合によっては復水タンクを経て、ポンプ３を介して分流器４と接続されている。この分流器４は、一方では熱交換器ＨＥ２の一次側を経て、また他方では熱交換器ＨＥ４の二次側を経てミキサ５と接続されている。熱交換器ＨＥ５とＨＥ４は、熱した温泉水２０を貫流すべく、一次側で互に接続されており、この温泉水はまず熱交換器ＨＥ５を通り、その後熱交換器ＨＥ４を経て流れる。

【０００８】

作動流体として、この装置１内で水とアンモニアからなり、非等温的に蒸発及び凝縮する２成分混合物を使用する。この作動流体は、復水器ＨＥ１の後方で液体状態、つまり液状の作動流体１３として存在する。この液状の作動流体１３はポンプ３により圧力を高めて汲み出され、与圧された液状の作動流体１４を生成し、この液流は分流器４により第１の部分流体１６と第２の部分流体１７に分割される。

【０００９】

第１の部分流体１６は、液状の作動流体１３と略同じ温度を持つ。この第１の部分流体１６は、熱交換器ＨＥ４の二次側に受容され、熱交換器ＨＥ５内で既に冷却された温泉水流２０の冷却により生じる熱を利用して部分的に蒸発され、一部蒸発した第１の部分流体１６ａが生じる。第２の部分流体１７は熱交換器ＨＥ２の一次側に受容され、二次側に受容された圧力の低下した作動流体１１の一部凝縮で生じる熱を利用して一部蒸発され、一部蒸発した第２の部分流体１７ａを生成する。この一部蒸発した第１と第２の部分流体１６ａ、１７ａは、引続きミキサ５内で一部蒸発した作動流体１８に一体化される。その際熱交換器ＨＥ２とＨＥ４は、第１と第２の一部蒸発した部分流体１６ａ又は１７ａが、概ね同じ温度と蒸気含有量を有する寸法に形成されている。

【００１０】

一部蒸発した作動流体１８は、引続き熱交換器ＨＥ５の二次側に受容され、一次側に受容された、熱した温泉水流２０の冷却に伴い完全に蒸発し、場合により一部過熱されてガス状の作動流体１０を生ずる。該ガス状の作動流体１０は、引続きタービン２内で圧力を低下され、そのエネルギを使用可能な形、例えば発電機（図示せず）で電流に変換され、圧力の低下した作動流体１１を生ずる。この低圧の作動流体１１は熱交換器ＨＥ２内で一部凝縮され、部分的に凝縮し、圧力の低下した作動流体１２を生じる。この一部凝縮し圧力の低下した作動流体１２は、引続き熱交換器（復水器）ＨＥ１内で、流入する冷却水流２５により凝縮され、液状の作動流体１３を生じる。圧力の低下した作動流体１２の凝縮により冷却水流２５に伝達された熱は、流れ出る冷却水流２６と共に排出される。

【００１１】

図２は、図１に示す装置１に略相当し、僅かに２、３のバルブ１９と、セパレータ回路２７を付加されて熱力学サイクルを実施する装置の循環過程の（算定評価）を示す。評価の出発条件として以下を選択した。

【００１２】

	温度	質量流量
温泉水流２０	１９０℃	７１ｋｇ／秒
冷却水流２５	１０℃	約４００ｋｇ／秒

なお、水中のアンモニア濃度は８１％である。
表１は、この循環経路の幾つか選択した流れに関して、循環経路の算定結果を示し、その際それらの熱交換器の出力を表２に基づき選択している。
【表１】

流　体	温　度 （℃）	エンタルピー （ｋＪ／ｋｇ）	質量流量 （ｋｇ／秒）	圧　力 （ｈＰａ）
１０	１８７．１	１８６７．８	３０．２	２５０００
１３	１２．３	－７６．５２	３０．２	５７００
１６	１３．１	－７０．５２	１３．１	２６０１０
２０	１９０	－１７３７．６	７１	２０００００
２２	５０．５９	－２３０４．１	７１	１９２２０

【表２】

熱　交　換　器	出　　力
ＨＥ　１（復水器）	３２．５１ｋＷ
ＨＥ　２	１８．４７ｋＷ
ＨＥ　４	１１．０２ｋＷ
ＨＥ　５	２８．８７ｋＷ
合　　計	９０．８７ｋＷ

【００１３】
第１の部分流体１６の熱交換器ＨＥ４に入る前の温度は１３．１℃であり、従って与圧された液状の作動流体１４又は液状の作動流体１３（１２．３℃）と概ね同じ温度を有する。これら条件下で、タービン２にて生産可能な電力は６９２５ｋＷである。
【００１４】
これに対し図３は、従来技術でＫＣＳ１１（カリーナサイクル系統１１）として公知の熱力学サイクルを実施するための装置３０を示す。この装置３０の、図１に示す本発明による装置との対比を容易にすべく、互いに対応する構成要素又は作動流体には同じ符号を付している。この装置３０は、図１に示す本発明による装置と、ポンプ３と分割機４との間の一次側及び熱交換器ＨＥ２と復水器ＨＥ１との間の二次側に付加的に接続された熱回収用の予熱－熱交換器ＨＥ３が接続された点で異なっている。該熱交換器ＨＥ３により、与圧された液状の作動流体１４は、一部液化され、圧力の低下した作動流体１２の更なる一部凝縮により沸点まで加熱される。この第１の部分流体１６は、飽和水温度を有し、この温度で熱交換器ＨＥ４に通される。液状の作動流体１３に比べ、この著しく高い温度により、熱交換器ＨＥ４及びＨＥ５内での温泉水流２０の熱の利用は低下する。
【００１５】
図４は、図３に示した装置３０にほぼ相応し、付加的に幾つかのバルブ１９とセパレータの配線２７のみが追加された従来技術から公知の循環経路の算定評価を示す。該評価の

出発条件として、図２に基づく循環経路の評価の場合と同じ出発条件を使用した。
表３は、幾つか選択したこの循環経路の流れに対する評価の結果を示しており、その際それらの熱交換器の出力は表４に基づき選択してある。

【表３】

流体	温　度 （℃）	エンタルピー （ｋＪ／ｋｇ）	質量流量 （ｋｇ／秒）	圧　力 （ｈＰａ）
１０	１８７．１	１８６７．８	２９	２５０００
１３	１２．１３	－７７．３５	２９	５７００
１６	６６	１８１．５	１４	２６０１０
２０	１９０	１７３０．６	７１	２０００００
２２	７０．０６	－２２５２	７１	１９２２０

【表４】

熱交換器	出　力
ＨＥ　１（復水器）	２８．９４ｋＷ
ＨＥ　２	１２．７４ｋＷ
ＨＥ　３	７．３６ｋＷ
ＨＥ　４	１１．８９ｋＷ
ＨＥ　５	２４．２６ｋＷ

【００１６】
この場合、獲得可能な電力は６６３８ｋＷに過ぎない。従って、本発明による図１及び２に基づく循環経路の場合に獲得可能な電力は、従来技術から公知の循環経路の場合よりも４．３％高い。温泉水からのより高い熱の取り出し（流れ出る温泉水２２の温度が、図４に基づく循環経路の７０．０６℃に比べ、図２に基づく循環経路では５０．５９℃に過ぎない）により、タービン２内に入る前のこの作動流体から獲得可能な、より高い質量流量（図２に基づく循環経路の場合３０．２ｋｇ／秒であり、図４に基づく循環経路の場合は２９ｋｇ／秒である）により、この余分の収益が得られる。
この熱交換器の出力の上昇により、加熱面の６．２５％の増大が必要となり、費用の増大を伴う。しかしこの費用の増大は、大部分がタービン２の排蒸気側の配管を簡素化して通すことにより、また熱交換器ＨＥ３の省略により補償でき、結果として設備費用は全体としてほぼ変わらない。

【００１７】
本発明を、上述の有利な実施例に基づき説明したが、全体としてそれらの実施例に限定されない。むしろ本発明又はその実施例の多くの変形及び変法が存在する。例えば熱交換器の数を増やすことも可能であり、図２の構成例で説明したように、付加的にバルブ及びセパレータを配線内に接続してもよい。更に例えばガス状の作動流体１０は、１段階以上

で、例えば２つの相前後して接続したタービンを介して圧力を低下させることもできる。

【図面の簡単な説明】

【００１８】

【図１】簡略化し、図式化して示す本発明による熱力学サイクルを実施するための装置の循環経路図。

【図２】図１に基づく装置のサイクルの算定評価図。

【図３】簡略化し、図式化して示してある従来技術から公知の熱力学サイクルを実施する装置の循環経路図。

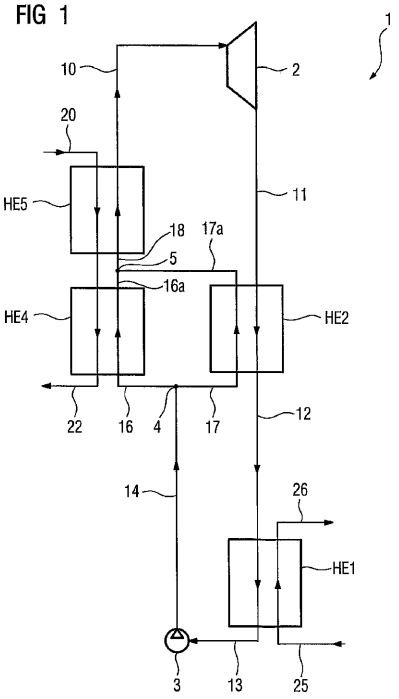
【図４】図３に基づく装置のサイクルの算定評価図。

【符号の説明】

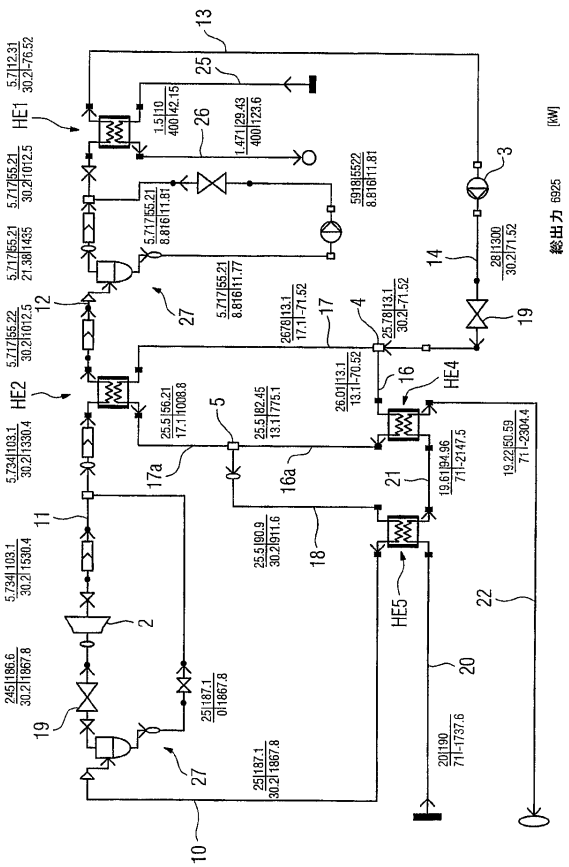
【００１９】

１　熱力学サイクル実施する装置、２　タービン、３、３５　ポンプ、４　分流器、５　ミキサ、１０～１３、１８　作動流体、１４　作業液流、１６、１６ａ、１７、１７ａ　部分流体、１９　バルブ、２０、２１　熱源、２２　温泉水、２５、２６　冷却水流、２７　セパレータの配線、ＨＥ１～ＨＥ５　熱交換器

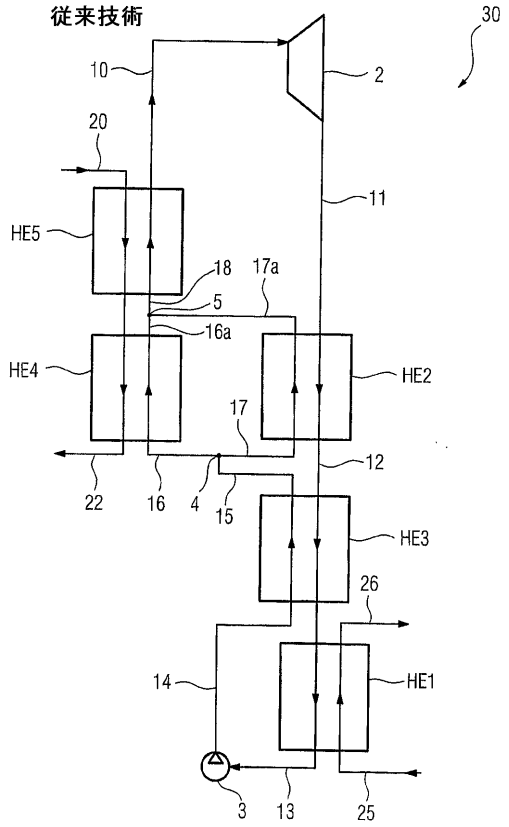
【図１】



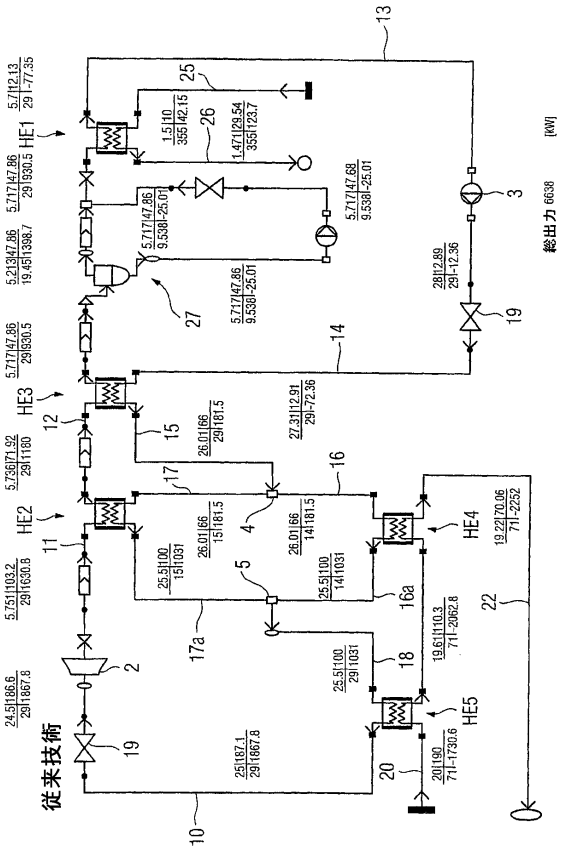
【図２】



【図３】


従来技術
30
10
2
20
11
HE5
18
17a
5
16a
HE4
HE2
17
12
22
16
4
15
HE3
26
14
HE1
3
13
25

【図４】


13
HE1
25
26
3
総出力 6638 [kW]
27
14
19
HE3
12
15
16
17
HE2
11
4
HE4
5
16a
17a
22
2
18
HE5
19
20
従来技術
10

フロントページの続き

(72)発明者　ベットガー、マチアス
ドイツ連邦共和国　１０７０７　ベルリン　デュッセルドルファー　シュトラーセ　４７
(72)発明者　レンゲルト、イエルク
ドイツ連邦共和国　９１４７５　ロンナーシュタット－アイルスバッハ　シュヴァルベンシュトラーセ　６

審査官　寺町　健司

(56)参考文献　特開平０６－０２６４４１（ＪＰ，Ａ）
独国特許出願公開第１００５２４１４（ＤＥ，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
F01K　25/06
F01K　25/10