



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

作動気体の圧力振動を利用して出力を得る熱音響エンジンであって、  
 一端に熱入力部（205）によって加熱される高温部（207a）と、他端に外部に熱を放出して冷却される常温部（207b）とを有する再生器（207）と、  
 一端が前記高温部に接続されるパルス管（208）と、  
 前記パルス管の他端に接続されており、前記パルス管から伝達される仕事により駆動される出力側稼働部（231、232、331、332）を有する仕事出力機構（203、303）と、  
 前記パルス管と前記出力側稼働部との間に接続されており、外部に熱を放出する放熱器（209）と、  
 前記常温部に仕事を入力する仕事入力機構（210、310、410）と、  
 を備えた熱音響エンジン（201、301、401、501）。

10

## 【請求項 2】

前記仕事入力機構（210、310）は、前記常温部（207b）に仕事を入力する入力側稼働部（221、222、321、322）を有している、請求項 1 に記載の熱音響エンジン（201、301）。

## 【請求項 3】

前記仕事入力機構（310）は、前記入力側稼働部（321、322）を駆動するリニア電動機（324）をさらに有しており、  
 前記仕事出力機構（303）は、前記出力側稼働部（331、332）の仕事により発電するリニア発電機（334）をさらに有している、  
 請求項 2 に記載の熱音響エンジン（301）。

20

## 【請求項 4】

前記仕事入力機構（410）は、前記パルス管（208）から前記出力側稼働部（331、332）に伝達される仕事の一部を前記常温部（207b）に戻すリターン管である、請求項 1 に記載の熱音響エンジン（401、501）。

## 【請求項 5】

前記仕事出力機構（303）は、前記出力側稼働部（331、332）の仕事により発電するリニア発電機（334）をさらに有している、請求項 4 に記載の熱音響エンジン（501）。

30

## 【請求項 6】

前記リターン管（410）には、作動気体の流路を絞る絞り機構（412）が設けられている、請求項 4 又は 5 に記載の熱音響エンジン（401、501）。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、熱音響エンジン、特に、作動気体の圧力振動を利用して出力を得る熱音響エンジンに関する。

## 【背景技術】

40

## 【0002】

従来より、外燃機関の一つとしてスターリングエンジンが用いられている。スターリングエンジンは、等容加熱、等温膨張、等容冷却及び等温圧縮の過程を順次繰り返すことにより出力を得るエンジンである。スターリングエンジンには、2ピストン型やディスプレイサ型等のいくつかの型式があるが、いずれの型式においても、高温空間及び常温空間の2つの空間を備えており、これらの空間内に封入された作動気体を移動させることによって、上記の過程を近似的に実現している。そして、このような作動気体の移動を、2ピストン型のスターリングエンジンでは2つのピストンを用いて、また、ディスプレイサ型のスターリングエンジンではディスプレイサピストンを用いて行っている。

## 【0003】

50

例えば、2ピストン型のスターリングエンジン1では、図1に示されるように、主として、圧縮機2と、膨張機3と、本体部4と、高温熱交換器5と、常温熱交換器6と、再生器7とを備えている。

圧縮機2は、1対のピストン21及びシリンダ22と、ピストン21とシリンダ22とにより形成される圧縮室23とを有している。

【0004】

膨張機3は、1対のピストン31及びシリンダ32と、ピストン31とシリンダ32とにより形成される膨張室33とを有している。

本体部4は、作動気体が入られる管状部材であり、圧縮機2の圧縮室23と膨張機3の膨張室33との間に接続されている。高温熱交換器5は、本体部4の膨張機側の端部に設けられており、外部熱源を用いて本体部4の膨張機側の部分を加熱する機器である。すなわち、高温熱交換器5は、エンジン1の熱入力部として機能する。また、常温熱交換器6は、本体部4の圧縮機側の端部に設けられており、冷却水や空気等を用いて本体部4の圧縮機側の部分を冷却する機器である。これにより、膨張室33は高温空間として機能し、圧縮室23は常温空間として機能することになる。再生器7は、高温熱交換器5と常温熱交換器6とに挟まれるように本体部4に設けられており、作動気体が本体部4内を通じて圧縮室23と膨張室33との間を往復する際に熱を蓄える機能を有する機器である。すなわち、再生器7は、膨張機側の端部に高温熱交換器5によって加熱される高温部7aと、圧縮機側の端部に外部に熱を放出して冷却される常温部7bとを有している。

10

【0005】

このような構成を備えたエンジン1では、高温熱交換器5で再生器7の高温部7aを加熱し、常温熱交換器6で再生器7の常温部7bを冷却しつつ、圧縮機2の1対のピストン21及びシリンダ22と膨張機3の1対のピストン31及びシリンダ32とを用いて、作動気体を膨張室33と圧縮室23との間で往復させることによって、出力を得ることができる。

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記従来 of エンジン1に代表されるスターリングエンジンでは、再生器7の高温部7aの近傍に膨張機3の膨張室33が設けられている。この膨張室33は、1対のピストン31及びシリンダ32によって形成されており、運転の際に、ピストン31とシリンダ32との間で摺動が生じるため、その摺動部分には、作動気体の外部への漏れを防ぐためのシールが設けられている。

30

【0007】

しかし、膨張室33のシールは、再生器7の高温部7aによって高温に曝されるため、長時間にわたり運転を行うと、シール性能の低下やピストン31及びシリンダ32の摩擦等により、エンジン性能が低下してしまうという問題がある。

これに対して、高温に曝される膨張室33のシールをなくすために、図2に示されるように、高温熱交換器5と膨張機3との間にパルス管8と、外部に熱を放出する放熱器としての第2の常温熱交換器9を設けるとともに、図1における圧縮機2をなくしたエンジン101にすることが考えられる。そして、このような構成を備えたエンジン2では、高温熱交換器5で再生器7の高温部7aを加熱し、常温熱交換器6で再生器7の常温部7bを冷却することによって、再生器7において、作動気体の圧力振動を生じさせ、この圧力振動がパルス管8を通じて、仕事出力機構としての膨張機3に伝達され、その出力側稼働部として機能する1対のピストン31及びシリンダ32を駆動して、出力を得ることができる。

40

【0008】

しかし、このエンジン101では、再生器7内において生じる圧力振動が主として定在波であり、膨張機3に仕事を伝達して出力を得ることができる進行波がほとんど発生しない。この点で、このエンジン101は、いわば、定在波パルス管エンジンであり、出力側

50

稼働部としてのピストン 3 1 及びシリンダ 3 2 により形成される膨張室 3 3 のシールが高温に曝されるのをなくすことは可能であるが、膨張機 3 に仕事を伝達することができる進行波の発生が非常に少なく、エンジン効率が悪いという問題がある。

【 0 0 0 9 】

本発明の課題は、仕事出力機構の出力側稼働部が高温に曝されることがないようにするとともに、エンジン効率の向上を図ることが可能な、作動気体の圧力振動を利用して出力を得る熱音響エンジンを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

第 1 の発明にかかる熱音響エンジンは、作動気体の圧力振動を利用して出力を得る熱音響エンジンであって、再生器と、パルス管と、仕事出力機構と、放熱器と、仕事入力機構とを備えている。再生器は、一端に熱入力部によって加熱される高温部と、他端に外部に熱を放出して冷却される常温部とを有している。パルス管は、一端が高温部に接続されている。仕事出力機構は、パルス管の他端に接続されており、パルス管から伝達される仕事により駆動される出力側稼働部を有している。放熱器は、パルス管と出力側稼働部との間に接続されており、外部に熱を放出する。仕事入力機構は、常温部に仕事を入力する。

10

【 0 0 1 1 】

この熱音響エンジンでは、再生器において、熱入力部によって高温部が加熱され、常温部が冷却されることによって、仕事入力機構から再生器の常温部に入力された仕事が、増幅されてパルス管に向かって伝達される。そして、この熱音響エンジンでは、作動気体の進行波からなる圧力振動がパルス管を通じて、仕事出力機構の出力側稼働部に伝達されて、出力を得ることができる。つまり、この熱音響エンジンは、主として積極的な進行波からなる圧力振動を利用して出力を得る、いわば、進行波パルス管エンジンを構成しているといえる。

20

【 0 0 1 2 】

これにより、この熱音響エンジンでは、再生器の高温部と出力側稼働部との間にパルス管及び放熱器を設けることにより出力側稼働部が高温に曝されることがないようにするとともに、主として積極的な進行波からなる圧力振動を利用して出力を得る構成にすることによりエンジン効率の向上を図ることが可能である。

第 2 の発明にかかる熱音響エンジンは、第 1 の発明にかかる熱音響エンジンにおいて、仕事入力機構は、常温部に仕事を入力する入力側稼働部を有している。

30

【 0 0 1 3 】

この熱音響エンジンでは、仕事入力機構が、例えば、ピストン及びシリンダ等の往復動を行う入力側稼働部を有しているため、仕事出力機構の出力側稼働部と位相差を付けた状態で仕事を入力することが容易である。

第 3 の発明にかかる熱音響エンジンは、第 2 の発明にかかる熱音響エンジンにおいて、仕事入力機構は、入力側稼働部を駆動するリニア電動機をさらに有している。仕事出力機構は、出力側稼働部の仕事により発電するリニア発電機をさらに有している。

【 0 0 1 4 】

この熱音響エンジンでは、仕事入力機構がリニア電動機により駆動され、仕事出力機構がリニア発電機により発電するように構成されているため、仕事出力機構のリニア発電機により発電される電気出力から仕事入力機構のリニア電動機への電気入力を差し引いた正味の電気出力を出力として得ることができる。これにより、この熱音響エンジンでは、設置場所等の制約により、電気入力のみが利用可能な機器の駆動源として使用することができる。

40

【 0 0 1 5 】

第 4 の発明にかかる熱音響エンジンは、第 1 の発明にかかる熱音響エンジンにおいて、仕事入力機構は、パルス管から出力側稼働部に伝達される仕事の一部を常温部に戻すリターン管である。

この熱音響エンジンでは、仕事入力機構がリターン管であるため、パルス管を通じて仕

50

事出力機構に伝達される仕事の一部を、進行波からなる圧力振動として再生器の常温部に入力することができる。これにより、ピストン及びシリンダ等の往復動を行う入力側稼働部を有する仕事入力機構を設けることなく、進行波パルス管エンジンを構成することができる。

【0016】

第5の発明にかかる熱音響エンジンは、第4の発明にかかる熱音響エンジンにおいて、仕事出力機構は、出力側稼働部の仕事により発電するリニア発電機をさらに有している。

この熱音響エンジンでは、仕事出力機構がリニア発電機により発電するように構成されているため、電気出力を出力として得ることができる。これにより、この熱音響エンジンでは、設置場所等の制約により、電気入力のみが利用可能な機器の駆動源として使用することができる。

10

【0017】

第6の発明にかかる熱音響エンジンは、第4又は第5の発明にかかる熱音響エンジンにおいて、リターン管には、作動気体の流路を絞る絞り機構が設けられている。

この熱音響エンジンでは、リターン管に絞り機構が設けられているため、リターン管を流れる作動気体の流量を制限するとともに、進行波からなる圧力振動を伴う作動気体がパルス管からリターン管を通じて再生器の常温部に向かう流れを確保することができる。

【発明の効果】

【0018】

以上の説明に述べたように、本発明によれば、以下の効果が得られる。

20

第1の発明では、再生器の高温部と出力側稼働部との間にパルス管及び放熱器を設けることにより出力側稼働部が高温に曝されることがないようにするとともに、主として積極的な進行波からなる圧力振動を利用して出力を得ることが可能な構成にすることによりエンジン効率の向上を図ることが可能である。

【0019】

第2の発明では、仕事入力機構が、例えば、ピストン及びシリンダ等の往復動を行う入力側稼働部を有しているため、仕事出力機構の出力側稼働部と位相差を付けた状態で仕事を入力することが容易である。

第3の発明では、仕事入力機構がリニア電動機により駆動され、仕事出力機構がリニア発電機により発電するように構成されているため、仕事出力機構のリニア発電機により発電される電気出力から仕事入力機構のリニア電動機への電気入力を差し引いた正味の電気出力を出力として得ることができる。

30

【0020】

第4の発明では、仕事入力機構がリターン管であるため、パルス管を通じて仕事出力機構に伝達される仕事の一部を、進行波からなる圧力振動として再生器の常温部に入力することができて、ピストン及びシリンダ等の往復動を行う入力側稼働部を有する仕事入力機構を設けることなく、進行波パルス管エンジンを構成することができる。

第5の発明では、仕事出力機構がリニア発電機により発電するように構成されているため、電気出力を出力として得ることができる。

【0021】

40

第6の発明では、リターン管に絞り機構が設けられているため、リターン管を流れる作動気体の流量を制限するとともに、進行波からなる圧力振動を伴う作動気体がパルス管からリターン管を通じて再生器の常温部に向かう流れを確保することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

以下、図面に基づいて、本発明にかかる熱音響エンジンの実施形態について説明する。

[第1実施形態]

(1) 熱音響エンジンの構成

図3に、本発明にかかる熱音響エンジンの第1実施形態としての熱音響エンジン201を示す。ここで、図3は、熱音響エンジン201の概略構成図である。

50

## 【0023】

この熱音響エンジン201は、作動気体の圧力振動を利用して出力を得る熱音響エンジンである。ここで、作動気体としては、窒素、ヘリウム、アルゴン、ヘリウムとアルゴンとの混合物や空気等がよく用いられる。熱音響エンジン201は、主として、膨張機203と、本体部204と、高温熱交換器205と、第1常温熱交換器206と、再生器207と、パルス管208と、第2常温熱交換器209と、仕事入力機構としての圧縮機210とを備えている。

## 【0024】

膨張機203は、出力側稼働部としての1対のピストン231及びシリンダ232と、ピストン231とシリンダ232とにより形成される膨張室233とを有しており、パルス管208から伝達される仕事を出力する仕事出力機構として機能する。

本体部204は、作動気体が入れられた管であり、一端がパルス管208に接続されており、他端が圧縮機210に接続されている。高温熱交換器205は、本体部204のパルス管側の端部に設けられており、外部熱源を用いて本体部204のパルス管側の部分を加熱する機器である。すなわち、高温熱交換器205は、熱音響エンジン201の熱入力部として機能する。また、第1常温熱交換器206は、本体部204の圧縮機側の端部に設けられており、冷却水や空気等を用いて本体部204の圧縮機側の部分を冷却する機器である。再生器207は、高温熱交換器205と第1常温熱交換器206とに挟まれるように本体部204に設けられており、熱を蓄える機能を有する機器である。すなわち、再生器207は、パルス管側の端部に高温熱交換器205によって加熱される高温部207aと、圧縮機側の端部に外部に熱を放出して冷却される常温部207bとを有している。

## 【0025】

パルス管208は、一端が再生器207の高温部207aに高温熱交換器205を介して接続され、他端が膨張機203の膨張室233に接続されており、圧力振動を膨張機203の1対のピストン231及びシリンダ232に伝達する機能を有している。

第2常温熱交換器209は、パルス管208と膨張機203の1対のピストン231及びシリンダ232との間に接続されており、外部に熱を放出する放熱器として機能する。

## 【0026】

圧縮機210は、1対のピストン221及びシリンダ222と、ピストン221とシリンダ222とにより形成される圧縮室223とを有しており、再生器207の常温部207bに仕事を入力する仕事入力機構として機能する。圧縮機210は、第1常温熱交換器206に接続されている。

## (2) 熱音響エンジンの動作

次に、本実施形態の熱音響エンジン201の動作について説明する。

## 【0027】

まず、高温熱交換器205で再生器207の高温部207aを加熱し、第1常温熱交換器206で再生器207の常温部207bを冷却することによって、第1常温熱交換器206に接続された圧縮機210から再生器207の常温部207bに入力された仕事が、増幅されてパルス管208に向かって伝達される。ここで、圧縮機210の1対のピストン221及びシリンダ222は、膨張機203の1対のピストン231及びシリンダ232と位相差を付けた状態で運転を行っている。

## 【0028】

そして、作動気体の進行波からなる圧力振動がパルス管208を通じて、膨張機203の膨張室233に伝達され、1対のピストン231及びシリンダ232を駆動して、出力を得ることができる。ここで、パルス管208の膨張機側の端部が第2常温熱交換器209によって冷却されているため、膨張機203の膨張室233は、高温に曝されることのない状態になっている。

## 【0029】

## (3) 熱音響エンジンの特徴

本実施形態の熱音響エンジン201には、以下のような特徴がある。

10

20

30

40

50

## (A)

本実施形態の熱音響エンジン201では、主として積極的な進行波からなる圧力振動を利用して出力を得る、いわば、進行波パルス管エンジンを構成している。

## 【0030】

このように、熱音響エンジン201では、再生器207の高温部207aと出力側稼働部としての1対のピストン231及びシリンダ232との間にパルス管208及び第2常温熱交換器209を設けることにより、1対のピストン231及びシリンダ232が高温に曝されることがないようにするとともに、積極的な進行波からなる圧力振動を利用する構成にすることによりエンジン効率の向上を図ることが可能である。

## 【0031】

## (B)

本実施形態の熱音響エンジン201では、仕事入力機構として、往復動作により仕事を入力する1対のピストン221及びシリンダ222を有する圧縮機210を用いているため、出力側稼働部としての1対のピストン231及びシリンダ232と位相差を付けた状態で仕事を入力することが容易となり、進行波からなる圧力振動を安定的に発生させることができる。

## 【0032】

## (4)変形例

上記実施形態の熱音響エンジン201では、出力側稼働部としての1対のピストン231及びシリンダ232による往復動を回転力等の機械的な出力として得ているが、1対のピストン231及びシリンダ232による往復動を、リニア発電機によって電気出力として得るようにしてもよい。また、上記実施形態の熱音響エンジン201では、入力側稼働部としての1対のピストン221及びシリンダ222による往復動を回転力等の機械的な駆動力から得ているが、1対のピストン221及びシリンダ222による往復動を、リニア電動機による電気入力から得るようにしてもよい。

## 【0033】

例えば、図4に示される本変形例の熱音響エンジン301のように、仕事出力機構として、出力側稼働部としての1対のピストン331及びシリンダ332と1対のピストン331及びシリンダ332の仕事により発電するリニア発電機334とを有する膨張機303を備え、さらに、仕事入力機構として、入力側稼働部としての1対のピストン321及びシリンダ322と1対のピストン321及びシリンダ322を駆動するリニア電動機324とを有する圧縮機310を備えるようにしてもよい。

## 【0034】

本変形例の熱音響エンジン301は、圧縮機310及び膨張機303以外の構成は、上記実施形態の熱音響エンジン201と同じであるため、説明を省略する。

次に、本変形例の圧縮機310及び膨張機303について、図4～図6を用いて説明する。ここで、図5は、圧縮機310の断面図である。図6は、圧縮機303の断面図である。

## 【0035】

圧縮機310は、本実施形態において、入力側稼働部としてのピストン321及びシリンダ322が互いに嵌合して圧縮室323を形成している。具体的には、シリンダ322は、圧縮機310の筒状のケーシング325の内側に向かって延びる円筒状の部分である。そして、ケーシング325には、第1常温熱交換器206に接続された管325aがシリンダ322の内部空間と連通するように接続されている。ピストン321は、ケーシング325内に配置されており、一端が円板状のプレート326の略中心に設けられ、他端がシリンダ322の内部空間に挿入されることによって圧縮機室323を形成している。プレート326の外周部には、コイル327が配置されている。コイル327は、シリンダ322の外周部に配置された略円筒形状のヨーク328に形成された環状空間328aに挿入されており、環状空間328aの内周側に配置されたマグネット329に対向している。プレート326は、ベアリング330を介してピストン321の往復動方向に移動

10

20

30

40

50

可能となるようにケーシング 3 2 5 に支持されている。ここでは、ベアリング 3 3 0 として、フレクシャベアリング等のピストン 3 2 1 が往復動する方向には変形し易いが、径方向には変形しにくい特性を有する板バネの一種が使用されており、プレート 3 2 6 のピストン 3 2 1 が配置された面の反対側の面の略中央がベアリング 3 3 0 に連結されるとともに、ベアリング 3 3 0 の外周部がケーシング 3 2 5 に固定されることによって、ケーシング 3 2 5 に支持されている。そして、コイル 3 2 7、ヨーク 3 2 8 及びマグネット 3 2 9 によって、リニア電動機 3 2 4 が構成されている。

#### 【0036】

膨張機 3 0 3 は、本実施形態において、出力側稼働部としてのピストン 3 3 1 及びシリンダ 3 3 2 が互いに嵌合して膨張室 3 3 3 を形成している。具体的には、シリンダ 3 3 2 は、膨張機 3 0 3 の筒状のケーシング 3 3 5 の内側に向かって延びる円筒状の部分である。そして、ケーシング 3 3 5 には、第 2 常温熱交換器 2 0 9 に接続された管 3 3 5 a がシリンダ 3 3 2 の内部空間と連通するように接続されている。ピストン 3 3 1 は、ケーシング 3 3 5 内に配置されており、一端が円板状のプレート 3 3 6 の略中心に設けられ、他端がシリンダ 3 3 2 の内部空間に挿入されることによって膨張室 3 3 3 を形成している。プレート 3 3 6 の外周部には、コイル 3 3 7 が配置されている。コイル 3 3 7 は、シリンダ 3 3 2 の外周部に配置された略円筒形状のヨーク 3 3 8 に形成された環状空間 3 3 8 a に挿入されており、環状空間 3 3 8 a の内周側に配置されたマグネット 3 3 9 に対向している。プレート 3 3 6 は、ベアリング 3 4 0 を介してピストン 3 3 1 の往復動方向に移動可能となるようにケーシング 3 3 5 に支持されている。ここでは、ベアリング 3 4 0 として、フレクシャベアリング等のピストン 3 3 1 が往復動する方向には変形し易いが、径方向には変形しにくい特性を有する板バネの一種が使用されており、プレート 3 3 6 のピストン 3 3 1 が配置された面の反対側の面の略中央がベアリング 3 4 0 に連結されるとともに、ベアリング 3 4 0 の外周部がケーシング 3 3 5 に固定されることによって、ケーシング 3 3 5 に支持されている。そして、コイル 3 3 7、ヨーク 3 3 8 及びマグネット 3 3 9 によって、リニア発電機 3 3 4 が構成されている。

#### 【0037】

尚、圧縮機 3 1 0 及び膨張機 3 0 3 の構成は、上記に説明したものに限定されるものではなく、種々のものを使用することができる。

次に、本変形例の熱音響エンジン 3 0 1 の動作について説明する。

まず、高温熱交換器 2 0 5 で再生器 2 0 7 の高温部 2 0 7 a を加熱し、第 1 常温熱交換器 2 0 6 で再生器 2 0 7 の常温部 2 0 7 b を冷却することによって、第 1 常温熱交換器 2 0 6 に接続された圧縮機 3 1 0 から再生器 2 0 7 の常温部 2 0 7 b に入力された仕事が、増幅されてパルス管 2 0 8 に向かって伝達される。

#### 【0038】

次に、圧縮機 3 1 0 の動作について説明する。まず、圧縮機 3 1 0 のリニア電動機 3 2 4 のコイル 3 2 7 に、図示しない電気配線を介して交番電流を通電する。すると、ヨーク 3 2 8 とマグネット 3 2 9 との間に挟まれたコイル 3 2 7 にピストン 3 2 1 の往復動方向に交番する推力が生じて、コイル 3 2 7 にプレート 3 2 6 を介して接続されたピストン 3 2 1 がその往復動方向に進退する。これにより、圧縮室 3 2 3 の容積が変化して、圧縮室 3 2 3 内の作動気体に圧力振動が生じる。この圧力振動が生じた作動気体は、管 3 2 5 a を通じて再生器 2 0 7 の常温部 2 0 7 b に入力されている。ここで、圧縮機 3 1 0 の 1 対のピストン 3 2 1 及びシリンダ 3 2 2 は、膨張機 3 0 3 の 1 対のピストン 3 3 1 及びシリンダ 3 3 2 と位相差を付けた状態で運転を行っている。

#### 【0039】

そして、作動気体の進行波からなる圧力振動がパルス管 2 0 8 を通じて、膨張機 3 0 3 の膨張室 3 3 3 に伝達され、1 対のピストン 3 3 1 及びシリンダ 3 3 2 を駆動して、出力を得ることができる。ここで、膨張機 3 0 3 の動作について説明する。まず、管 3 3 5 a を通じて圧力振動を伴う作動気体が膨張室 3 3 3 に送られると、ピストン 3 3 1 がシリンダ 3 3 2 に対して往復動方向に進退する。すると、ピストン 3 3 1 にプレート 3 3 6 を介



して接続されたリニア発電機 334 のコイル 337 が、コイル 337 を挟んで配置されたヨーク 328 とマグネット 329 との間で、ピストン 331 の往復動方向に往復動し、コイル 337 に交番電流が発生する。これを図示しない電気配線を介して電気出力として取り出し、圧縮機 310 のリニア電動機 324 に入力された電気入力を差し引いた正味の電気出力を出力として得ることができる。また、パルス管 208 の膨張機側の端部が第 2 常温熱交換器 209 によって冷却されているため、膨張機 203 の膨張室 233 は、高温に曝されることがない状態になっている。

#### 【0040】

このように、本変形例の熱音響エンジン 301 では、仕事入力機構としての圧縮機 310 がリニア電動機 324 により駆動され、仕事出力機構としての膨張機 303 がリニア発電機 334 により発電するように構成されているため、リニア発電機 334 により発電される電気出力からリニア電動機 324 への電気入力を差し引いた正味の電気出力を出力として得ることができる。これにより、この熱音響エンジン 301 では、設置場所等の制約により、電気入力のみが利用可能な機器の駆動源として使用することができる。例えば、空気調和装置の熱源機に用いられる密閉式の冷媒圧縮機の電動機等に使用することが可能である。

10

#### 【0041】

##### [第 2 実施形態]

##### (1) 熱音響エンジンの構成

図 7 に、本発明にかかる熱音響エンジンの第 1 実施形態としての熱音響エンジン 401 を示す。ここで、図 7 は、熱音響エンジン 401 の概略構成図である。

20

この熱音響エンジン 401 は、作動気体の圧力振動を利用して出力を得る熱音響エンジンである。ここで、作動気体としては、窒素、ヘリウム、アルゴン、ヘリウムとアルゴンとの混合物や空気等がよく用いられる。熱音響エンジン 401 は、主として、膨張機 203 と、本体部 204 と、高温熱交換器 205 と、第 1 常温熱交換器 206 と、再生器 207 と、パルス管 208 と、第 2 常温熱交換器 209 と、仕事入力機構としてのリターン管 410 とを備えている。尚、本実施形態の熱音響エンジン 401 の構成は、圧縮機 210 に代えてリターン管 410 が設けられている点を除いては、第 1 実施形態の熱音響エンジン 201 の構成と同じであるため、以下では、リターン管 410 の構成のみを説明し、他の構成の説明を省略する。

30

#### 【0042】

リターン管 410 は、パルス管 208 から膨張機 203 の出力側稼働部としてのピストン 231 及びシリンダ 232 に伝達される仕事の一部を、再生器 207 の常温部 207b に戻す配管である。リターン管 410 は、第 2 常温熱交換器 209 と膨張機 203 との間から分岐されて第 1 常温熱交換器 206 に接続される管本体 411 と、管本体 411 を流れる作動気体の流路を絞る絞り機構としての流量調節弁 412 とを有している。尚、絞り機構としては、流量調節弁 412 の代わりに、オリフィスやキャピラリチューブを用いてもよい。

#### 【0043】

##### (2) 熱音響エンジンの動作

次に、本実施形態の熱音響エンジン 401 の動作について説明する。

40

まず、高温熱交換器 205 で再生器 207 の高温部 207a を加熱し、第 1 常温熱交換器 206 で再生器 207 の常温部 207b を冷却することによって、再生器 207 において、作動気体の定在波からなる圧力振動を生じさせる。このとき、リターン管 410 に設けられた流量調節弁 412 を所定の開度に調節しておくこと、パルス管 208 から膨張機 203 に向かう仕事の一部が、進行波からなる圧力振動として、リターン管 410 及び第 1 常温熱交換器 206 を通じて再生器 207 の常温部 207b に戻される。これにより、パルス管 208 内には、増幅された進行波による仕事が生じられる。ここで、流量調節弁 412 の開度は、パルス管 208 から再生器 207 に向かう方向の作動気体の流動抵抗を再生器 207 からパルス管 208 に向かう方向の作動気体の流動抵抗に比べて大きくして、

50

パルス管 208 から膨張機 203 に伝達される仕事の一部が、リターン管 410 を通じて再生器 207 の常温部 207b に安定的に入力されるようにしている。

【0044】

そして、作動気体の進行波からなる圧力振動がパルス管 208 を通じて、膨張機 203 の膨張室 233 に伝達され、1 対のピストン 231 及びシリンダ 232 を駆動して、出力を得ることができる。ここで、パルス管 208 の膨張機側の端部が第 2 常温熱交換器 209 によって冷却されているため、膨張機 203 の膨張室 233 は、高温に曝されることのない状態になっている。

【0045】

(3) 熱音響エンジンの特徴

本実施形態の熱音響エンジン 401 には、以下のような特徴がある。

(A)

本実施形態の熱音響エンジン 401 では、主として積極的な進行波からなる圧力振動を利用して出力を得る、いわば、進行波パルス管エンジンを構成している。

【0046】

これにより、熱音響エンジン 401 では、再生器 207 の高温部 207a と出力側稼働部としての 1 対のピストン 231 及びシリンダ 232 との間にパルス管 208 及び第 2 常温熱交換器 209 を設けることにより、1 対のピストン 231 及びシリンダ 232 が高温に曝されることのないようにするとともに、進行波からなる圧力振動を利用する構成にすることによりエンジン効率の向上を図ることが可能である。

【0047】

(B)

本実施形態の熱音響エンジン 401 では、仕事入力機構としてリターン管 410 を使用しているため、パルス管 208 を通じて仕事出力機構としてのピストン 231 及びシリンダ 232 に伝達される仕事の一部を、進行波からなる圧力振動として再生器 207 の常温部 207b に入力することができる。これにより、第 1 実施形態における圧縮機 210 のようなピストン及びシリンダ等の往復動を行う入力側稼働部を有する仕事入力機構を設けることなく、進行波パルス管エンジンを構成することができる。

【0048】

また、リターン管 410 には、絞り機構としての流量調節弁 412 が設けられているため、管本体 411 を流れる作動気体の流量を制限するとともに、進行波からなる圧力振動を伴う作動気体がパルス管 208 からリターン管 410 を通じて再生器 207 の常温部 207b に向かう流れを確保することができる。

(4) 変形例

上記実施形態の熱音響エンジン 401 では、出力側稼働部としての 1 対のピストン 231 及びシリンダ 232 による往復動を回転力等の機械的な出力として得ているが、1 対のピストン 231 及びシリンダ 232 による往復動を、リニア発電機によって電気出力として得るようにしてもよい。

【0049】

例えば、図 8 に示される本変形例の熱音響エンジン 501 のように、仕事出力機構として、出力側稼働部としての 1 対のピストン 331 及びシリンダ 332 と 1 対のピストン 331 及びシリンダ 332 の仕事により発電するリニア発電機 334 とを有する膨張機 303 を備えるようにしてもよい。

本変形例の熱音響エンジン 501 は、膨張機 303 以外の構成は、上記実施形態の熱音響エンジン 401 と同じであるため、説明を省略する。また、本変形例の膨張機 303 は、第 1 実施形態の変形例において説明した膨張機 303 (図 6 参照) と同様であるため、説明を省略する。さらに、熱音響エンジン 501 の動作についても、上記第 2 実施形態の熱音響エンジン 401 の動作において、膨張機 203 の動作の代わりに、上記第 1 実施形態の変形例の熱音響エンジン 301 の動作の欄に記載された膨張機 303 の動作を加えた動作と同じであるため、以下では、説明を省略する。

10

20

30

40

50

## 【0050】

このように、本変形例の熱音響エンジン501では、仕事出力機構としての膨張機303がリニア発電機334により発電するように構成されているため、電気出力を出力として得ることができる。これにより、この熱音響エンジン501では、設置場所等の制約により、電気入力のみが利用可能な機器の駆動源として使用することができる。

## 【産業上の利用可能性】

## 【0051】

本発明を利用すれば、仕事出力機構の出力側稼働部が高温に曝されることがないようにするとともに、エンジン効率の向上を図ることが可能な、作動気体の圧力振動を利用して出力を得る熱音響エンジンを提供することができる。

10

## 【図面の簡単な説明】

## 【0052】

【図1】2ピストン型のスターリングエンジンの概略構成図である。

【図2】定在波パルス管エンジンの概略構成図である。

【図3】本発明の第1実施形態にかかる熱音響エンジンの概略構成図である。

【図4】本発明の第1実施形態の変形例にかかる熱音響エンジンの概略構成図である。

【図5】リニア電動機によって駆動される圧縮機の断面図である。

【図6】リニア発電機によって発電する膨張機の断面図である。

【図7】本発明の第2実施形態にかかる熱音響エンジンの概略構成図である。

【図8】本発明の第2実施形態の変形例にかかる熱音響エンジンの概略構成図である。

20

## 【符号の説明】

## 【0053】

201、301、401、501 熱音響エンジン

203、303 膨張機（仕事出力機構）

205 高温熱交換器（熱入力部）

207 再生器

207a 高温部

207b 常温部

208 パルス管

209 第2常温熱交換器（放熱器）

30

210、310、410 圧縮機（仕事入力機構）

221、321 ピストン（入力側稼働部）

222、322 シリンダ（入力側稼働部）

231、331 ピストン（出力側稼働部）

232、332 シリンダ（出力側稼働部）

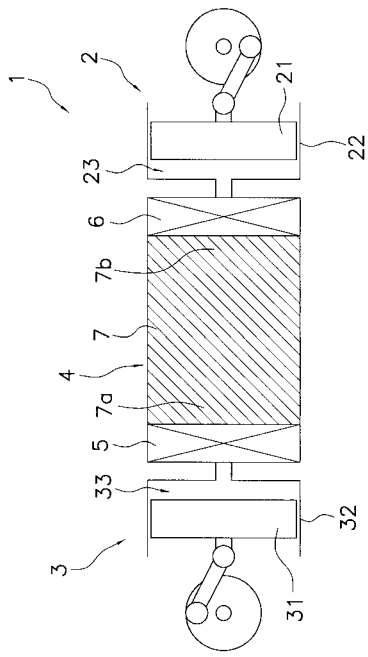
324 リニア電動機

334 リニア発電機

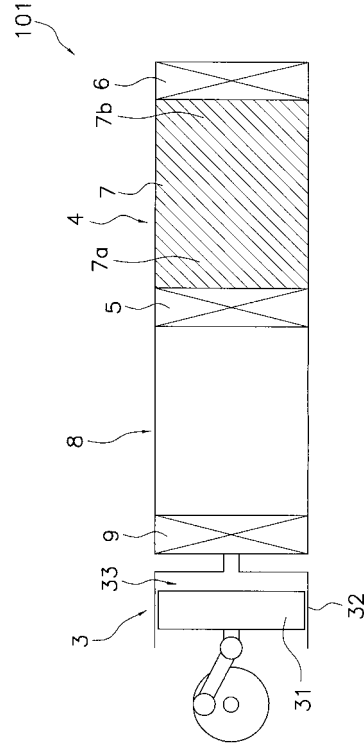
410 リターン管

412 流量調節弁（絞り機構）

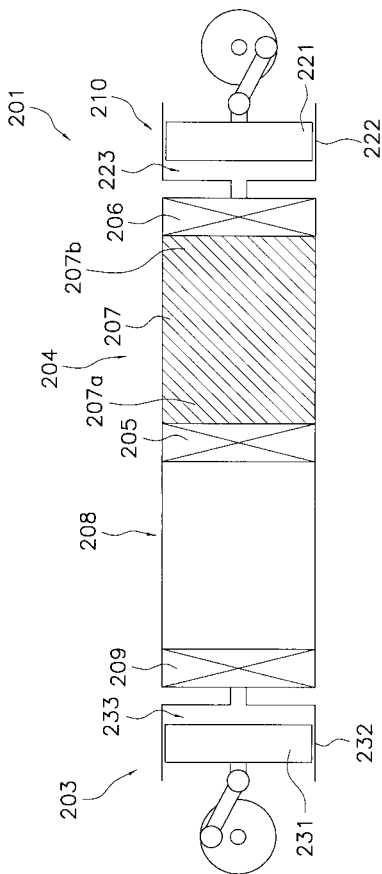
【 図 1 】



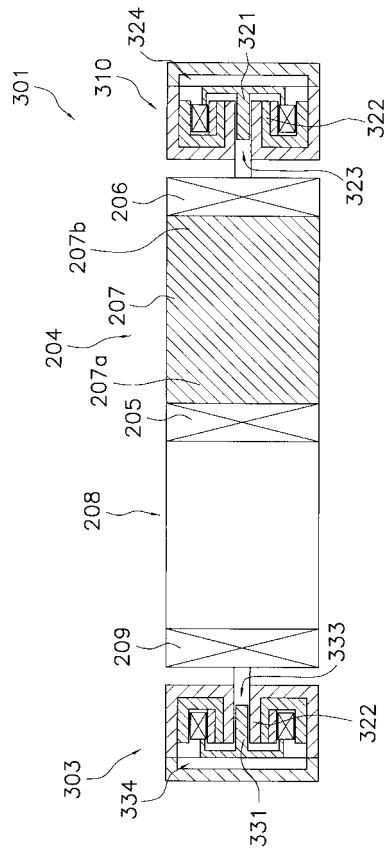
【 図 2 】



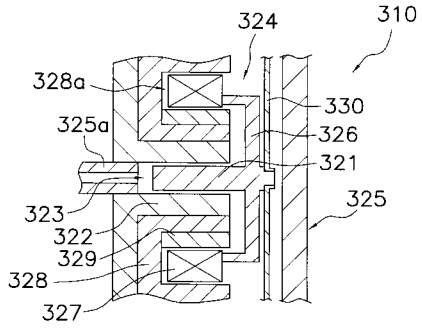
【 図 3 】



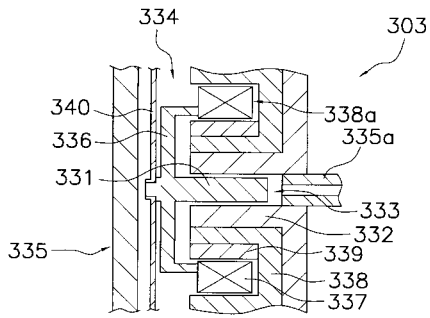
【 図 4 】



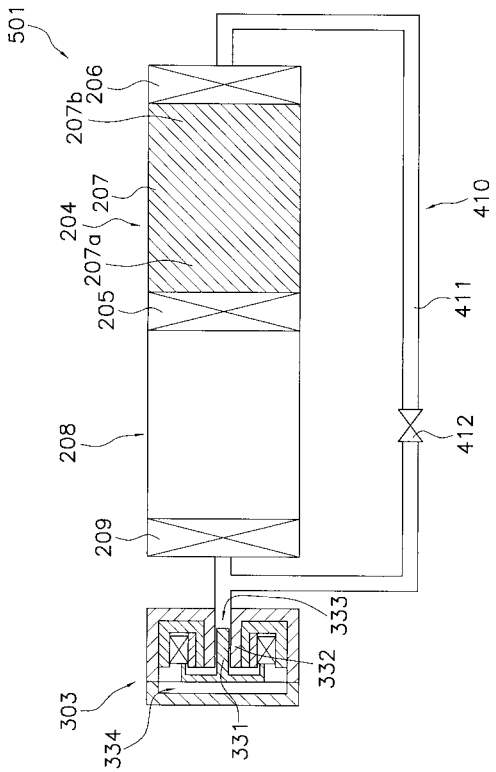
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 8 】



【 図 7 】

