

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6211368号  
(P6211368)

(45) 発行日 平成29年10月11日(2017.10.11)

(24) 登録日 平成29年9月22日(2017.9.22)

(51) Int.Cl. F 1  
H 0 2 N 11/00 (2006.01) H 0 2 N 11/00 A

請求項の数 3 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2013-205193 (P2013-205193)	(73) 特許権者	000002967
(22) 出願日	平成25年9月30日 (2013.9.30)		ダイハツ工業株式会社
(65) 公開番号	特開2015-70752 (P2015-70752A)		大阪府池田市ダイハツ町1番1号
(43) 公開日	平成27年4月13日 (2015.4.13)	(73) 特許権者	304021288
審査請求日	平成28年8月22日 (2016.8.22)		国立大学法人長岡技術科学大学
			新潟県長岡市上富岡町1603-1
		(74) 代理人	100103517
			弁理士 岡本 寛之
		(74) 代理人	100149607
			弁理士 宇田 新一
		(72) 発明者	小川 孝
			滋賀県蒲生郡電王町大字山之上3000番
			地 ダイハツ工業株式会社 滋賀テクニカ
			ルセンター内
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 車載発電システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内燃機関と、

前記内燃機関から排出され、温度が経時的に上下する排気ガスが供給されることにより電気分極する第1デバイスと、

前記第1デバイスから電力を取り出すための第2デバイスと、

前記第1デバイスに電圧を印加する電圧印加手段と、

前記第1デバイスに流れる電流を検知する電流検知手段と、

前記第1デバイスの温度および静電容量を予測する予測手段と、

前記電圧印加手段により前記第1デバイスに印加される電圧、前記電流検知手段により検知される前記第1デバイスに流れる電流、前記予測手段により予測される前記第1デバイスの温度および静電容量に基づいて、前記電圧印加手段を作動および停止させるための制御手段とを備えることを特徴とする、車載発電システム。

【請求項2】

前記制御手段は、

前記予測手段により予測される前記第1デバイスの温度が、前記第1デバイスのキュリー点以上である場合、および/または、前記第1デバイスが昇温状態である場合に、前記電圧印加手段を作動させ、

前記予測手段により予測される前記第1デバイスの温度が、前記第1デバイスのキュリー点未満であり、かつ、前記第1デバイスが降温状態である場合に、前記電圧印加手段を

10

20

## 停止させる

ことを特徴とする、請求項 1 に記載の車載発電システム。

### 【請求項 3】

前記制御手段は、前記電圧印加手段が作動されているときに、

前記電圧印加手段により前記第 1 デバイスに印加される電圧、および、前記予測手段により予測される前記第 1 デバイスの温度および静電容量に基づいて、前記第 1 デバイスに流れる電流の理論値を算出し、

前記理論値と、前記電流検知手段により検知される前記第 1 デバイスに流れる電流とを比較することによって、前記第 1 デバイスに流れる電流の異常を検出し、

前記電流の異常が検出された場合に、前記電圧印加手段を停止させ、

前記電流の異常が検出されなかった場合に、前記第 1 デバイスに電流が流れる時間に基づいて、前記電圧印加手段を作動させる最適時間を算出し、

前記最適時間が経過したと判断されるまで、前記電圧印加手段を作動させ、前記最適時間が経過したと判断されたときに、前記電圧印加手段を停止させ、

前記電圧印加手段により前記第 1 デバイスに印加される電圧、および、前記予測手段により予測される前記第 1 デバイスの温度および静電容量に基づいて、前記第 1 デバイスに蓄積される理論電荷量を算出するとともに、前記電流検知手段により検知される前記第 1 デバイスに流れる電流に基づいて、前記第 1 デバイスに蓄積される実際の電荷量を算出し、それらを比較することによって、前記第 1 デバイスの損傷を検出する

ことを特徴とする、請求項 2 に記載の車載発電システム。

### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本発明は、車載発電システム、詳しくは、自動車などの車両に搭載される車載発電システムに関する。

#### 【背景技術】

#### 【0002】

従来、自動車エンジンなどの内燃機関や、ボイラー、空調設備などの熱交換器、発電機、モータなどの電動機関、照明などの発光装置などの各種エネルギー利用装置では、例えば、排熱、光などとして、多くの熱エネルギーが放出および損失されている。

#### 【0003】

近年、省エネルギー化の観点から、放出される熱エネルギーを回収し、エネルギー源として再利用することが要求されている。そのようなシステムとして、具体的には、例えば、温度が経時的に上下する熱源と、その熱源の温度変化に応じて、ピエゾ効果、焦電効果、ゼーベック効果などにより電気分極する第 1 デバイス（誘電体など）と、第 1 デバイスから電力を取り出すため、第 1 デバイスを挟むように対向配置される第 2 デバイス（電極など）とを備える発電システムが提案されている。また、その発電システムを自動車などに積載すること、さらには、そのような場合に第 1 デバイス（誘電体など）を自動車の排ガスが供給される排気管内に配置することが、提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0004】

【特許文献 1】特開 2011-250675 号公報

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0005】

このような発電システムでは、温度条件によっては、第 1 デバイスの温度が、そのキュリー点を超過する場合がある。そして、第 1 デバイスのキュリー点を超過する環境下にお

10

20

30

40

50

いて、第1デバイスを用いると、第1デバイスに損傷を生じ、発電性能が低下する場合や、発電不能となる場合がある。

【0006】

そのため、上記した発電システムにおいては、第1デバイスの損傷を抑制し、発電性能の低下を防止することが要求される場合がある。

【0007】

さらに、上記した発電システムにおいては、より効率的に発電するために、その第1デバイスの温度条件に応じて、第1デバイスに電圧を印加することが検討される。

【0008】

また、第1デバイスに電圧を印加する場合には、その電圧印加条件（例えば、印加時間など）を、第1デバイスの電気的狀態に応じて適切にコントロールすることが要求されている。

10

【0009】

それに加えて、このような発電システムにおいて、誘電体などの第1デバイスを自動車の排気管内に配置すると、例えば、未燃焼燃料が排気管内で燃焼するアフターファイア現象や、自動車の走行に伴う振動などによって第1デバイスが物理的に損傷される場合がある。

【0010】

そして、第1デバイスが損傷された状態で電圧を印加すると、その電圧を印加するための電極間に短絡を生じ、発電システム全体にダメージが生じる場合や、例えば、電圧を印加するための導線が排気管に接触して、車体に通電する可能性がある。

20

【0011】

そこで、本発明の目的は、第1デバイスの状態に応じて第1デバイスに電圧を印加することができ、第1デバイスの損傷を抑制することができ、また、発電効率の向上を図ることができ、さらには、第1デバイスが損傷した場合には、その損傷を検出することができ、システム全体にダメージが生じることを抑制することができ、それに加えて、余計な電圧の印加を抑制して、低コスト化を図ることができる車載発電システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

30

上記目的を達成するため、本発明の車載発電システムは、内燃機関と、前記内燃機関から排出され、温度が経時的に上下する排気ガスが供給されることにより電気分極する第1デバイスと、前記第1デバイスから電力を取り出すための第2デバイスと、前記第1デバイスに電圧を印加する電圧印加手段と、前記第1デバイスに流れる電流を検知する電流検知手段と、前記第1デバイスの温度および静電容量を予測する予測手段と、前記電圧印加手段により前記第1デバイスに印加される電圧、前記電流検知手段により検知される前記第1デバイスに流れる電流、前記予測手段により予測される前記第1デバイスの温度および静電容量に基づいて、前記電圧印加手段を作動および停止させるための制御手段とを備えることを特徴としている。

【0013】

40

また、本発明の車載発電システムでは、前記制御手段は、前記予測手段により予測される前記第1デバイスの温度が、前記第1デバイスのキュリー点以上である場合、および/または、前記第1デバイスが昇温状態である場合に、前記電圧印加手段を作動させ、前記予測手段により予測される前記第1デバイスの温度が、前記第1デバイスのキュリー点以下であり、かつ、前記第1デバイスが降温状態である場合に、前記電圧印加手段を作動させることが好適である。

【0014】

また、本発明の車載発電システムでは、前記制御手段は、前記電圧印加手段が作動されているときに、前記電圧印加手段により前記第1デバイスに印加される電圧、および、前記予測手段により予測される前記第1デバイスの温度および静電容量に基づいて、前記第

50

1 デバイスに流れる電流の理論値を算出し、前記理論値と、前記電流検知手段により検知される前記第 1 デバイスに流れる電流とを比較することによって、前記第 1 デバイスに流れる電流の異常を検出し、前記電流の異常が検出された場合に、前記電圧印加手段を停止させ、前記電流の異常が検出されなかった場合に、前記第 1 デバイスに電流が流れる時間に基づいて、前記電圧印加手段を作動させる最適時間を算出し、前記最適時間が経過したと判断されるまで、前記電圧印加装置を作動させ、前記最適時間が経過したと判断されたときに、前記電圧印加手段を停止させ、前記電圧印加手段により前記第 1 デバイ스에印加される電圧、および、前記予測手段により予測される前記第 1 デバイスの温度および静電容量に基づいて、前記第 1 デバイ스에蓄積される理論電荷量を算出するとともに、前記電流検知手段により検知される前記第 1 デバイ스에流れる電流に基づいて、前記第 1 デバイ스에蓄積される実際の電荷量を算出し、それらを比較することによって、前記第 1 デバイ스의損傷を検出することが好適である。

10

【発明の効果】

【0015】

本発明の車載発電システムでは、予測手段によって第 1 デバイスの温度を予測し、その予測温度に基づいて電圧印加手段を作動および停止させる。

【0016】

そのため、本発明の車載発電システムでは、第 1 デバイスはそのキュリー点を越えたときには、予測温度に基づいて電圧印加手段を作動させることにより、第 1 デバイスが損傷することを抑制でき、車載発電システムの発電性能が低下することや、発電不能となることを抑制することができる。

20

【0017】

また、本発明の車載発電システムでは、第 1 デバイスの温度条件に基づいて、予測温度に基づいて電圧印加手段を作動および停止させることにより、応答性よく第 1 デバイ스에電圧を印加することができ、発電効率の向上を図ることができる。

【0018】

また、本発明の車載発電システムでは、電圧印加手段により第 1 デバイ스에印加される電圧、電流検知手段により検知される第 1 デバイ스에流れる電流、および、予測手段により予測される第 1 デバイスの温度および静電容量に基づいて、電圧印加手段を作動および停止させる。そのため、本発明の車載発電システムによれば、余分に電圧を印加することが抑制され、低コスト化を図ることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図 1】図 1 は、本発明の車載発電システムが車載された一実施形態を示す概略構成図である。

【図 2】図 2 は、図 1 の制御ユニットにおいて実行される制御処理を示すフロー図である。

【図 3】図 3 は、図 2 の制御処理において第 1 デバイ스에電圧が印加されるときに、図 1 の制御ユニットにおいて実行される制御処理を示すフロー図である。

【発明を実施するための形態】

40

【0020】

図 1 は、本発明の車載発電システムが車載された一実施形態を示す概略構成図である。

【0021】

図 1 において、自動車 25 は、車載発電システム 1 を備えている。

【0022】

車載発電システム 1 は、内燃機関 2 と、内燃機関 2 から排出され、温度が経時的に上下する排気ガスが供給されることにより電気分極する第 1 デバイス 3 と、第 1 デバイス 3 から電力を取り出すための第 2 デバイス 4 と、第 1 デバイ스에電圧を印加する電圧印加手段としての電圧印加装置 9 と、第 1 デバイ스에流れる電流を検知する電流検知手段としての電流検知器 26 と、電圧印加装置 9 を作動および停止させるための制御ユニット 10 と

50

を備えている。

【0023】

内燃機関2は、エンジン16、および、エキゾーストマニホールド17を備えている。

【0024】

エンジン16は、自動車25の動力を出力する装置であって、例えば、単気筒型または多気筒型（例えば、2気筒型、4気筒型、6気筒型）が採用されるとともに、その各気筒において、多サイクル方式（例えば、2サイクル方式、4サイクル方式、6サイクル方式など）が採用される。

【0025】

図1には、4気筒型のエンジン16を示す。また、以下において、各気筒で4サイクル方式が採用される場合について、説明する。

10

【0026】

エキゾーストマニホールド17は、エンジン16の気筒から排出される排気ガスを収束するために設けられる排気多岐管であって、エンジン16の各気筒に接続される複数（4つ）の分岐管18（これらを区別する必要がある場合には、図1の上側から順に、分岐管18a、分岐管18b、分岐管18cおよび分岐管18dと称する。）と、それら分岐管18の下流側において、各分岐管18を1つに統合する集気管19とを備えている。

【0027】

このようなエキゾーストマニホールド17では、分岐部18の上流側端部が、それぞれ、エンジン16の各気筒に接続されるとともに、分岐管18の下流側端部と集気管19の上流側端部とが接続されている。また、集気管19の下流側端部は、触媒搭載部12（後述）の上流側端部に接続されている。

20

【0028】

また、各分岐管18は、その流れ方向途中において、箱型空間20を、それぞれ1つ備えている。箱型空間20は、エンジンルーム内において、分岐管18に連通するように介装される略直方体状の空間であって、その内側において、複数の第1デバイス3と、第2デバイス4とを備えている。

【0029】

第1デバイス3は、内燃機関2（エンジン16）からの排気ガスが供給されることにより温度が経時的に上下され、電気分極するデバイスである。

30

【0030】

ここでいう電気分極とは、結晶の歪みにともなう正負イオンの変位により誘電分極し電位差が生じる現象、例えばピエゾ効果、および/または、温度変化により誘電率が変化し電位差が生じる現象、例えば焦電効果などのように、材料に起電力が発生する現象と定義する。

【0031】

このような第1デバイス3として、より具体的には、例えば、ピエゾ効果により電気分極するデバイス、焦電効果により電気分極するデバイスなどが挙げられる。

【0032】

ピエゾ効果は、応力または歪みが加えられたときに、その応力または歪みの大きさに応じて電気分極する効果（現象）である。

40

【0033】

このようなピエゾ効果により電気分極する第1デバイス3としては、特に制限されず、公知のピエゾ素子（圧電素子）を用いることができる。

【0034】

第1デバイス3としてピエゾ素子が用いられる場合には、ピエゾ素子は、例えば、その周囲が固定部材により固定され、体積膨張が抑制された状態において、配置される。

【0035】

固定部材としては、特に制限されず、例えば、後述する第2デバイス4（例えば、電極など）を用いることもできる。

50

## 【 0 0 3 6 】

そして、このような場合には、ピエゾ素子は、排気ガスの経時的な温度変化により、加熱または冷却され、これにより、膨張または収縮する。

## 【 0 0 3 7 】

このとき、ピエゾ素子は、固定部材により体積膨張が抑制されているため、ピエゾ素子は、固定部材に押圧され、ピエゾ効果（圧電効果）、または、キュリー点付近での相変態により、電気分極する。これにより、詳しくは後述するが、第 2 デバイス 4 を介して、ピエゾ素子から電力が取り出される。

## 【 0 0 3 8 】

また、このようなピエゾ素子は、通常、加熱状態または冷却状態が維持され、その温度が一定（すなわち、体積一定）になると、電気分極が中和され、その後、冷却または加熱されることにより、再度、電気分極する。

10

## 【 0 0 3 9 】

そのため、上記したように排気ガスが周期的に温度変化し、高温状態と低温状態とが周期的に繰り返される場合などには、ピエゾ素子が周期的に繰り返し加熱および冷却されるため、ピエゾ素子の電気分極およびその中和が、周期的に繰り返される。

## 【 0 0 4 0 】

その結果、後述する第 2 デバイス 4 により、電力が、周期的に変動する波形（例えば、交流、脈流など）として取り出される。

## 【 0 0 4 1 】

20

焦電効果は、例えば、絶縁体（誘電体）などを加熱および冷却する時に、その温度変化に応じて絶縁体が電気分極する効果（現象）であって、第 1 効果および第 2 効果を含んでいる。

## 【 0 0 4 2 】

第 1 効果は、絶縁体の加熱時および冷却時において、その温度変化により自発分極し、絶縁体の表面に、電荷を生じる効果とされている。

## 【 0 0 4 3 】

また、第 2 効果は、絶縁体の加熱時および冷却時において、その温度変化により結晶構造に圧力変形が生じ、結晶構造に加えられる応力または歪みにより、圧電分極を生じる効果（ピエゾ効果、圧電効果）とされている。

30

## 【 0 0 4 4 】

このような焦電効果により電気分極するデバイスとしては、特に制限されず、公知の焦電素子を用いることができる。

## 【 0 0 4 5 】

そして、焦電素子は、排気ガスの経時的な温度変化により、加熱または冷却され、その焦電効果（第 1 効果および第 2 効果を含む）により、電気分極する。これにより、詳しくは後述するが、第 2 デバイス 4 を介して、焦電素子から電力が取り出される。

## 【 0 0 4 6 】

また、このような焦電素子は、通常、加熱状態または冷却状態が維持され、その温度が一定になると、電気分極が中和され、その後、冷却または加熱されることにより、再度、電気分極する。

40

## 【 0 0 4 7 】

そのため、上記したように排気ガスが周期的に温度変化し、高温状態と低温状態とが周期的に繰り返される場合などには、焦電素子が周期的に繰り返し加熱および冷却されるため、焦電素子の電気分極およびその中和が、周期的に繰り返される。

## 【 0 0 4 8 】

その結果、後述する第 2 デバイス 4 により、電力が、周期的に変動する波形（例えば、交流、脈流など）として取り出される。

## 【 0 0 4 9 】

このような第 1 デバイス 3 として、具体的には、上記したように、公知の焦電素子（例

50

例えば、 $\text{BaTiO}_3$ 、 $\text{CaTiO}_3$ 、 $(\text{CaBi})\text{TiO}_3$ 、 $\text{BaNd}_2\text{Ti}_5\text{O}_{14}$ 、 $\text{BaSm}_2\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ 、チタン酸ジルコン酸鉛 ( $\text{PZT}:\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$ ) など)、公知のpiezo素子 (例えば、水晶 ( $\text{SiO}_2$ )、酸化亜鉛 ( $\text{ZnO}$ )、ロッシェル塩 (酒石酸カリウム - ナトリウム) ( $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ )、チタン酸ジルコン酸鉛 ( $\text{PZT}:\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$ )、ニオブ酸リチウム ( $\text{LiNbO}_3$ )、タンタル酸リチウム ( $\text{LiTaO}_3$ )、リチウムテトラボレート ( $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ )、ランガサイト ( $\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$ )、窒化アルミニウム ( $\text{AlN}$ )、電気石 (トルマリン)、ポリフッ化ビニリデン ( $\text{PVDF}$ ) など) などを用いることができる。

【0050】

これら第1デバイス3は、単独使用または2種類以上併用することができる。

10

【0051】

第1デバイス3のキュリー点は、例えば、 $-77$  以上、好ましくは、 $-10$  以上であり、例えば、 $1300$  以下、好ましくは、 $900$  以下である。

【0052】

また、第1デバイス3 (絶縁体 (誘電体)) の比誘電率は、例えば、 $1$  以上、好ましくは、 $100$  以上、より好ましくは、 $2000$  以上である。

【0053】

このような車載発電システム1では、第1デバイス3 (絶縁体 (誘電体)) の比誘電率が高いほど、エネルギー変換効率が高く、高電圧で電力を取り出すことができるが、第1デバイス3の比誘電率が上記下限未満であれば、エネルギー変換効率が低く、得られる電力の電圧が低くなる場合がある。

20

【0054】

なお、第1デバイス3 (絶縁体 (誘電体)) は、排気ガスの温度変化によって電気分極するが、その電気分極は、電子分極、イオン分極および配向分極のいずれでもよい。

【0055】

例えば、配向分極によって分極が発現する材料 (例えば、液晶材料など) では、その分子構造を変化させることにより、発電効率の向上を図ることができるものと期待されている。

【0056】

このような第1デバイス3は、各分岐管18の箱型空間20内に配置されている。

30

【0057】

具体的には、第1デバイス3は、シート状に形成されており、箱型空間20内において、互いに間隔を隔てて複数整列配置されるとともに、第2デバイス4 (および必要により設けられる固定部材 (図示せず)) により、固定されている。なお、図1においては、複数の第1デバイス3を簡略化し、1つの箱型空間20に対して、1つの第1デバイス3を示している。

【0058】

これにより、第1デバイス3の表面および裏面の両面 (さらには、周側面) は、図示しない第2デバイス4を介して、箱型空間20内に露出され、排気ガスに接触 (曝露) 可能とされている。

40

【0059】

第2デバイス4は、第1デバイス3から電力を取り出すために設けられる。

【0060】

このような第2デバイス4は、より具体的には、特に制限されないが、例えば、上記の第1デバイス3を挟んで対向配置される2つの電極 (例えば、銅電極、銀電極など) 23、例えば、それら電極23に接続される導線などを備えており、第1デバイス3に電氣的に接続されている。

【0061】

電圧印加装置9は、第1デバイス3に電圧を印加するため、第1デバイス3に直接または近接して設けられる。

50

## 【0062】

具体的には、電圧印加装置 9 は、例えば、上記の第 1 デバイス 3 を挟んで対向配置される 1 対 (2 つ) の電極 (例えば、銅電極、銀電極など) 2 2、電圧印加電源 3 1、および、それらに接続される導線などを備えており、電極 2 2 間に第 1 デバイス 3 を介在させるように、配置されている。

## 【0063】

電圧印加装置 9 の電極 2 2 は、上記した第 2 デバイス 4 の電極 2 3、および、後述する電流検知器 2 6 の電極 2 7 とは別途設けられていてもよく、また、第 2 デバイス 4 の電極 2 3、および、電流検知器 2 6 の電極 2 7 のいずれか一方または両方と共用されていてもよい。図 1 では、電圧印加装置 9 の電極 2 2 と、第 2 デバイス 4 の電極 2 3 と、電流検知器 2 6 の電極 2 7 とが、共用される形態を示している。

10

## 【0064】

各電極 2 2 は、分岐導線などによって、並列的に接続されている。これら電極 2 2 に電圧印加電源 3 1 から電圧を印加することにより、電極 2 2 間、すなわち、第 1 デバイス 3 に電圧を印加することができる。

## 【0065】

電流検知器 2 6 は、電圧印加装置 9 が第 1 デバイス 3 に電圧を印加したときに、第 1 デバイス 3 に流れる電流の大きさ (電流値)、および、通電開始から電流が 0 になるまでの所要時間 (第 1 デバイス 3 に電流が流れる時間) を検知するために設けられている。

## 【0066】

20

具体的には、電流検知器 2 6 は、例えば、上記の第 1 デバイス 3 を挟んで対向配置される 1 対 (2 つ) の電極 (例えば、銅電極、銀電極など) 2 7、および、それらに接続される導線などを備えており、電極 2 7 間に第 1 デバイス 3 を介在させるように、配置されている。

## 【0067】

電流検知器 2 6 の電極 2 7 は、上記した電圧印加装置 9 の電極 2 2、および、第 2 デバイス 4 の電極 2 3 とは別途設けられていてもよく、また、電圧印加装置 9 の電極 2 2、および、第 2 デバイス 4 の電極 2 3 のいずれか一方または両方と共用されていてもよい。図 1 では、電流検知器 2 6 の電極 2 7 と、電圧印加装置 9 の電極 2 2 と、第 2 デバイス 4 の電極 2 3 とが、共用される形態を示している。

30

## 【0068】

このような電流検知器 2 6 は、制御ユニット 1 0 に電氣的に接続されており、検知された電流が、制御ユニット 1 0 のメモリ 1 1 (後述) に入力可能とされている。

## 【0069】

制御ユニット 1 0 は、車載発電システム 1 における電氣的な制御を実行するユニット (例えば、ECU: Electronic Control Unit) であり、メモリ 1 1 と、中央処理装置 (CPU) 2 1 とを備えるマイクロコンピュータで構成されている。

## 【0070】

メモリ 1 1 は、ROM および RAM を備えており、ROM に各種プログラムや固定データが格納されるとともに、RAM に一時的な入力データが格納される。

40

## 【0071】

そして、メモリ 1 1 の ROM には、第 1 デバイス 3 の温度および静電容量を予測する予測手段としての予測プログラム P が格納されている。

## 【0072】

予測プログラム P は、例えば、内燃機関 2 の運転状態や、その内燃機関 2 から生じる排気ガスの温度および流量などから、第 1 デバイス 3 の温度 (T) を予測するとともに、その温度に応じた第 1 デバイス 3 の静電容量 (C<sub>T</sub>) を予測するプログラムであり、予め測定されたデータに基づいて作成されている。

## 【0073】

また、メモリ 1 1 は、例えば、電流検知器 2 6、自動車 2 5 の車速センサ、エンジン 1

50



6の出力計、さらには、吸気系および排気系における圧力センサおよび流量計など、種々の検知装置に電氣的に接続されており、各種データが入力可能とされている。これにより、メモリ11のRAMには、上記した内燃機関2の運転状態や、その内燃機関2から生じる排気ガスの温度および流量などの、予測プログラムPを処理するための一時的な数値が入力および格納される。

【0074】

さらに、メモリ11には、第1デバイス3の温度(T)と静電容量(C)の関係を示す温度-静電容量マップが格納されており、第1デバイス3の温度(T)に応じた静電容量(C)を算出可能としている。

【0075】

中央処理装置(CPU)21は、電圧印加装置9により第1デバイス3に印加される電圧、電流検知器26により検知される第1デバイス3に流れる電流、予測プログラムPにより予測される第1デバイス3の温度(T)および静電容量(C)に基づいて、電圧印加装置9を作動および停止させるための制御手段であって、破線で示すように、メモリ11に電氣的に接続されるとともに、電圧印加装置9に電氣的に接続されている。

【0076】

このような中央処理装置(CPU)21では、詳しくは後述するが、予測プログラムPに従い、上記した種々の検知装置により検知される情報に基づいて、エンジン16の目標出力および加減速状態、さらには、排気ガスの温度および流量などを予測可能とし、その予測に基づいて、第1デバイス3の温度を予測可能としている。また、その第1デバイス3の温度に基づいて、第1デバイス3の静電容量を予測可能としている。

【0077】

また、中央処理装置(CPU)21は、詳しくは後述するが、電圧印加装置9により第1デバイス3に印加される電圧、電流検知器26により検知される第1デバイス3に流れる電流、予測プログラムPにより予測される第1デバイス3の温度および静電容量に基づいて、電圧印加装置9を作動および停止可能としている。

【0078】

さらに、車載発電システム1は、必要により、警告装置(図示せず)を備えている。警告装置(図示せず)は、詳しくは後述するが、第1デバイス3の損傷が検出されたときに、警告灯や警告音などによって第1デバイス3の損傷を通知し、車載発電システム1にダメージが生じることを警告するために設けられている。このような警告装置(図示せず)は、例えば、制御ユニット10に電氣的に接続されている。

【0079】

また、図1において破線で示すように、車載発電システム1の第2デバイス4は、昇圧器5、交流/直流変換器6およびバッテリー7に、順次、電氣的に接続されている。

【0080】

また、自動車25は、上記した車載発電システム1のほか、さらに、触媒搭載部12、エキゾーストパイプ13、マフラー14および排出パイプ15を備えている。

【0081】

触媒搭載部12は、例えば、触媒担体およびその担体上にコーティングされる触媒を備えており、内燃機関2から排出される排気ガスに含まれる炭化水素(HC)、窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )、一酸化炭素(CO)などの有害成分を浄化するために、内燃機関2(エキゾーストマニホールド17)の下流側端部に接続されている。

【0082】

エキゾーストパイプ13は、触媒搭載部12において浄化された排気ガスをマフラー14に案内するために設けられており、上流側端部が触媒搭載部12に接続されるとともに、下流側端部がマフラー14に接続されている。

【0083】

マフラー14は、エンジン16(とりわけ、爆発工程(後述))において生じる騒音を、静音化するために設けられており、その上流側端部がエキゾーストパイプ13の下流側

10

20

30

40

50

端部に接続されている。また、マフラー 14 の下流側端部は、排出パイプ 15 の上流側端部に接続されている。

【0084】

排出パイプ 15 は、エンジン 16 から排出され、エキゾーストマニホールド 17、触媒搭載部 12、エキゾーストパイプ 13 およびマフラー 14 を順次通過し、浄化および静音化された排気ガスを、外気に放出するために設けられており、その上流側端部がマフラー 14 の下流側端部に接続されるとともに、その下流側端部が、外気に開放されている。

【0085】

そして、このような自動車 25 では、エンジン 16 の駆動により、各気筒において、ピストンの昇降運動が繰り返され、吸気工程、圧縮工程、爆発工程および排気工程が順次実施され、その温度が経時的に上下される。

10

【0086】

より具体的には、例えば、分岐管 18a に接続される気筒、および、分岐管 18c に接続される気筒の 2 つの気筒において、ピストンが連動し、吸気工程、圧縮工程、爆発工程および排気工程が、同位相で実施される。これにより、燃料が燃焼され、動力が出力されるとともに、高温の排気ガスが、分岐管 18a および分岐管 18c の内部を排気工程において通過する。

【0087】

このとき、エンジン 16 の熱が、排気ガスを介して伝達され、排気ガスの温度（分岐管 18a および分岐管 18c の内部温度）は、排気工程において上昇する。一方、その他の工程（吸気工程、圧縮工程、爆発工程）では、排気ガス量が低減されるので、排気ガスの温度（分岐管 18a および分岐管 18c の内部温度）は下降する。

20

【0088】

このように、排気ガスの温度は、排気工程において上昇し、吸気工程、圧縮工程および爆発工程において下降し、つまり、経時的に上下する。

【0089】

とりわけ、上記の各工程は、ピストンサイクルに応じて、周期的に順次繰り返されるため、排気ガスは、上記の各工程の繰り返しの周期に伴って、周期的に温度変化、より具体的には、高温状態と低温状態とが、周期的に繰り返される。

【0090】

30

一方、それら 2 つの気筒とはタイミングを異にして、分岐管 18b に接続される気筒、および、分岐管 18d に接続される気筒の 2 つの気筒において、ピストンが連動し、吸気工程、圧縮工程、爆発工程および排気工程が、同位相で実施される。これにより、燃料が燃焼され、動力が出力されるとともに、分岐管 18a および分岐管 18c とは異なるタイミングにおいて、高温の排気ガスが、分岐管 18b および分岐管 18d の内部を排気工程において通過する。

【0091】

このとき、エンジン 16 の熱が、排気ガスを介して伝達され、排気ガスの温度（分岐管 18b および分岐管 18d の内部温度）は、排気工程において上昇する。一方、その他の工程（吸気工程、圧縮工程、爆発工程）では、排気ガス量が低減されるので、排気ガスの温度（分岐管 18b および分岐管 18d の内部温度）は下降する。

40

【0092】

このように、排気ガスの温度は、排気工程において上昇し、吸気工程、圧縮工程および爆発工程において下降し、つまり、経時的に上下する。

【0093】

とりわけ、上記の各工程は、ピストンサイクルに応じて、周期的に順次繰り返されるため、排気ガスは、上記の各工程の繰り返しの周期に伴って、周期的に温度変化、より具体的には、高温状態と低温状態とが、周期的に繰り返される。

【0094】

この周期的な温度変化は、分岐管 18a および分岐管 18c の周期的な温度変化とは、

50

周期が同じである一方、位相が異なる。

【0095】

このような車載発電システム1において、内燃機関2および排気ガスの温度は、高温状態における温度が、例えば、200～1200、好ましくは、700～900であり、低温状態における温度が、上記の高温状態における温度未満、より具体的には、例えば、100～800、好ましくは、200～500であり、高温状態と低温状態との温度差が、例えば、10～600、好ましくは、20～500である。

【0096】

また、それら高温状態と低温状態との繰り返し周期は、例えば、10～400サイクル/秒、好ましくは、30～100サイクル/秒である。

10

【0097】

そして、この車載発電システム1では、上記したように、各分岐管18の内部(箱型空間20内)に、第1デバイス3が配置されている。

【0098】

そのため、エンジン16(内燃機関2)から排出される排気ガスが、分岐管18内に導入され、箱型空間20内に充填されると、その箱型空間20内において、第1デバイス3に排気ガスが供給され、第1デバイス3の表面および裏面の両面(さらには、周側面)が、第2デバイス4を介して排気ガスに接触(曝露)され、加熱および/または冷却される。

【0099】

20

すなわち、第1デバイス3の表面および裏面の両面が、エンジン16(内燃機関2)、および、そのエンジン16の熱を伝達する排気ガスの経時的な温度変化により、加熱および/または冷却される。

【0100】

そして、これにより、第1デバイス3を、周期的に高温状態または低温状態にすることができ、第1デバイス3を、その素子(例えば、ピエゾ素子、焦電素子など)に応じた効果(例えば、ピエゾ効果、焦電効果など)により、電気分極させることができる。

【0101】

そのため、この車載発電システム1では、第2デバイス4を介して、各第1デバイス3から電力を周期的に変動する波形(例えば、交流、脈流など)として、取り出すことができる。

30

【0102】

また、この車載発電システム1では、分岐管18aおよび分岐管18cの温度と、分岐管18bおよび分岐管18dの温度とが、同じ周期、かつ、異なる位相で周期的に変化するため、電力を、周期的に変動する波形(例えば、交流、脈流など)として、連続的に取り出すことができる。

【0103】

その後、この方法では、例えば、図1において点線で示すように、上記により得られた電力を、第2デバイス4に接続される昇圧器5において、周期的に変動する波形(例えば、交流、脈流など)の状態では昇圧し、次いで、昇圧された電力を、交流/直流変換器6において直流電圧に変換した後、バッテリー7に蓄電する。バッテリー7に蓄電された電力は、自動車25や、自動車25に搭載される各種電気部品の動力などとして、適宜、用いることができる。

40

【0104】

そして、このような車載発電システム1によれば、温度が経時的に上下する内燃機関2を用いるため、変動する電圧(例えば、交流電圧)を取り出すことができ、その結果、一定電圧(直流電圧)として取り出し、DC-DCコンバーターで変換する場合に比べて、優れた効率で昇圧して、蓄電することができる。

【0105】

なお、排気ガスは、各分岐管18を通過した後、集気管19に供給され、集気された後

50

、触媒搭載部 12 に供給され、その触媒搭載部 12 に備えられる触媒により浄化される。その後、排気ガスは、エキゾーストパイプ 13 に供給され、マフラー 14 において静音化された後、排出パイプ 15 を介して、外気に排出される。

【0106】

このとき、各分岐管 18 内を通過する排気ガスは、集気管 19 において集気されるので、集気管 19、触媒搭載部 12、エキゾーストパイプ 13、マフラー 14 および排出パイプ 15 を順次通過する排気ガスは、その温度が、平滑化されている。

【0107】

そのため、温度が平滑化されたこのような排気ガスを通過させる集気管 19、触媒搭載部 12、エキゾーストパイプ 13、マフラー 14 および排出パイプ 15 の温度は、通常、経時的に上下することなく、ほぼ一定である。

10

【0108】

そのため、集気管 19、触媒搭載部 12、エキゾーストパイプ 13、マフラー 14 または排出パイプ 15 を内燃機関 2 として用い、その周囲または内部に、上記した第 1 デバイス 3 を配置する場合には、第 1 デバイス 3 から取り出される電力は、その電圧が小さく、また、一定（直流電圧）である。

【0109】

そのため、このような方法では、得られる電力を、簡易な構成で効率良く昇圧することができず、蓄電効率に劣るという不具合がある。

【0110】

20

一方、上記したように、分岐管 18 の内部空間に第 1 デバイス 3 を配置すれば、内燃機関 2 の経時的な温度変化により、第 1 デバイス 3 を、周期的に高温状態または低温状態にすることができ、第 1 デバイス 3 を、そのデバイス（例えば、ピエゾ素子、焦電素子など）に応じた効果（例えば、ピエゾ効果、焦電効果など）により、周期的に電気分極させることができる。

【0111】

そのため、この車載発電システム 1 では、第 2 デバイス 4 を介して、各第 1 デバイス 3 から電力を周期的に変動する波形（例えば、交流、脈流など）として、取り出すことができる。

【0112】

30

一方、このような車載発電システム 1 では、温度条件によっては、第 1 デバイス 3 の温度が、そのキュリー点を超過する場合がある。そして、第 1 デバイス 3 のキュリー点を超過する環境下において、第 1 デバイス 3 を用いると、第 1 デバイス 3 に損傷を生じ、発電性能が低下する場合や、発電不能となる場合がある。

【0113】

また、車載発電システム 1 では、より効率的に発電するために、第 1 デバイス 3 の温度条件に基づいて、第 1 デバイス 3 に電圧を印加することが要求される。

【0114】

そこで、この車載発電システム 1 では、上記した予測プログラム P により、第 1 デバイス 3 の温度を予測し、その予測される第 1 デバイス 3 の温度に基づいて、中央処理装置（CPU）21 の制御により、電圧印加装置 9 を作動および停止させる。

40

【0115】

図 2 は、図 1 の制御ユニット 10 において実行される制御処理を示すフロー図である。図 2 に示す制御処理（予測プログラム P）は、メモリ 11 の ROM に記憶されており、その制御処理が中央処理装置（CPU）21 により実行される。

【0116】

この制御処理は、エンジン 16 の駆動開始をトリガーとしてスタートされる。

【0117】

処理がスタートされると、例えば、自動車 25 の走行時における負荷（車両重量など）や、車速、アクセル開度、エンジン 16 の回転数などから、エンジン 16 の目標出力およ

50

び加減速状態が、予測プログラム P に従って予測される（ステップ S 1）。

【0118】

なお、エンジン 16 の目標出力および加減速状態を予測する演算方法は、特に制限されず、公知の方法を採用することができる。

【0119】

また、これとともに、例えば、エンジン 16 の回転数や、吸気系における吸気圧などから、排ガスの温度が、予測プログラム P に従って予測される（ステップ S 2）。

【0120】

なお、排ガスの温度を予測する演算方法は、特に制限されず、公知の方法を採用することができる。

10

【0121】

さらに、これとともに、例えば、吸気系における吸入空気量や、エンジン 16 における燃料流量、さらには、空燃比（吸入空気量 / 燃料流量）などから、排ガスの流量が、予測プログラム P に従って予測される（ステップ S 3）。

【0122】

なお、排ガスの流量を予測する演算方法は、特に制限されず、公知の方法を採用することができる。例えば、吸入空気量と燃料流量との合計などとして排ガスの流量は算出される。また、燃料流量は、例えば、インジェクタ噴射量（噴射時間、燃圧、吸気圧などから算出される。）、エンジン 16 の回転数などから算出される。

【0123】

20

次いで、この処理では、上記により予測されたエンジン 16 の目標出力および加減速状態、および、排ガスの予測温度（さらには、エンジン 16 における燃料の供給状態など）から、排ガスの温度変化が、予測プログラム P に従って予測される（ステップ S 4）。

【0124】

なお、排ガスの温度変化を予測する演算方法は、特に制限されず、公知の方法を採用することができる。

【0125】

次いで、この処理では、上記により予測された排ガスの温度変化、および、排ガスの流量（さらには、例えば、第 1 デバイス 3 の熱容量、予め設定される補正係数など）から、第 1 デバイス 3 の温度が、予測プログラム P に従って予測される（ステップ S 5）。

30

【0126】

なお、第 1 デバイス 3 の温度を予測する演算方法は、特に制限されず、公知の方法を採用することができる。

【0127】

そして、この処理では、中央処理装置（CPU）21 によって、第 1 デバイス 3 の第 1 デバイス 3 の温度に応じた静電容量（ $Q_T$ ）が予測される。

【0128】

すなわち、誘電体などから形成される第 1 デバイス 3 の静電容量（ $C$ ）は、通常、第 1 デバイス 3 の誘電率（ $\epsilon$ ）、第 1 デバイス 3 を挟む第 2 デバイス 4 の電極 23 の面積（ $A$ ）、電極 23 間距離（ $d$ ）から、下記式（1）で示される。

40

【0129】

$$C[F] = [\epsilon / m] \times A[m^2] / d[m] \quad (1)$$

上記の静電容量（ $C$ ）は、第 1 デバイス 3 の温度（ $T$ ）に依存して変化するが、この車載発電システム 1 では、第 1 デバイスの温度（ $T$ ）と、その温度（ $T$ ）における静電容量（ $C_T$ ）との関係を示す温度 - 静電容量マップが、メモリ 11 に格納されている。

【0130】

そのため、第 1 デバイス 3 の温度（ $T$ ）が予測されることにより、その温度（ $T$ ）における静電容量（ $C_T$ ）が予測される。なお、予測された静電容量（ $C_T$ ）は、後述する第 1 デバイス 3 の損傷の検出などにおいて用いられる。

【0131】

50

一方、この処理では、中央処理装置（ＣＰＵ）２１によって、第１デバイス３の温度（予測温度）が、そのキュリー点以上であるか否かが判断される（ステップＳ７）。

【０１３２】

第１デバイス３の温度（予測温度）が、そのキュリー点以上である場合（ステップＳ７のＹＥＳ）には、中央処理装置（ＣＰＵ）２１によって電圧印加装置９が作動され、第１デバイス３に所定の電圧が印加される（ステップＳ８）。

【０１３３】

なお、電圧の大きさは、第１デバイス３の種類や温度条件などに応じて、適宜設定される。また、電圧を印加する時間は、第１デバイス３の予測温度が第１デバイス３のキュリー点未満となる時点までである。

【０１３４】

そして、予測プログラムＰに従って予測される予測温度が第１デバイス３のキュリー点未満である場合（ステップＳ７のＮＯ）には、中央処理装置（ＣＰＵ）２１により、第１デバイス３の温度が昇温状態であるか降温状態であるかが判断される（ステップＳ９）。

【０１３５】

より具体的には、例えば、予測プログラムＰに従って予測される第１デバイス３の温度が、予め設定された所定の値（例えば、 $0.2 / s$  など）以上上昇したときに、昇温状態であると判断され、また、第１デバイス３の温度が、予め設定された所定の値（例えば、 $0.2 / s$  など）以上下降したときに、降温状態であると判断される。

【０１３６】

そして、この車載発電システム１では、第１デバイス３が昇温状態であると判断された場合（ステップＳ９のＹＥＳ）には、中央処理装置（ＣＰＵ）２１によって電圧印加装置９が作動され、第１デバイス３に所定の電圧が印加される（ステップＳ８）。

【０１３７】

なお、電圧の大きさは、第１デバイス３の種類や温度条件などに応じて、適宜設定されるが、電場の強さが、例えば、 $0.2 \text{ kV/mm}$  以上、好ましくは、 $0.4 \text{ kV/mm}$  以上であり、例えば、 $5 \text{ kV/mm}$  以下、好ましくは、 $4 \text{ kV/mm}$  以下である。

【０１３８】

また、電圧を印加する時間は、第１デバイス３が降温状態に至るまでであり、具体的には、昇温状態中である。

【０１３９】

そして、第１デバイス３が降温状態であると予測された場合（ステップＳ９のＮＯ）には、中央処理装置（ＣＰＵ）２１によって電圧印加装置９が停止され、第１デバイス３に対する電圧の印加が停止される（ステップＳ１０）。

【０１４０】

なお、上記の車載発電システム１では、第１デバイス３は、内燃機関２により加熱および/または冷却されるため、実質的に定温状態になることなく、昇温状態および降温状態が繰り返される。

【０１４１】

また、電圧印加装置９を作動させてから上記電圧が印加される（すなわち、電場の大きさが上記の所定値に達する）までの所要時間、および、電圧印加装置９を停止させてから、電場の大きさが $0 \text{ kV/mm}$  に達するまでの所要時間は、実質的に０秒とみなすことができる。すなわち、このような車載発電システム１では、上記所定値に満たない電圧が印加されている時間は、実質的に０秒であって、上記所定値の電圧が印加されている状態（ＯＮ）と、電圧が印加されていない状態（ＯＦＦ）とが、中央処理装置（ＣＰＵ）２１によって切り替えられている。

【０１４２】

一方、このように第１デバイス３に電圧を印加する場合には、省エネルギー化を図るため、電圧印加条件（例えば、印加時間など）を、第１デバイス３の状態に応じてコントロールすることが要求されている。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 4 3 】

また、このような車載発電システム 1 では、誘電体などの第 1 デバイス 3 を分岐管 1 8 内に配置するため、例えば、未燃焼燃料が分岐管 1 8 内で燃焼するアフターファイア現象や、自動車 2 5 の走行に伴う振動などによって、第 1 デバイス 3 が物理的に損傷する場合がある。

## 【 0 1 4 4 】

そして、第 1 デバイス 3 が損傷した状態で電圧を印加すると、その電圧を印加するための電極 2 2 間に短絡を生じ、車載発電システム 1 全体にダメージが生じる場合や、例えば、電圧を印加するための導線が分岐管 1 8 に接触して、車体に通電する可能性がある。

## 【 0 1 4 5 】

そこで、この車載発電システム 1 では、予測プログラム P により予測された第 1 デバイス 3 の静電容量 (  $C_T$  ) に基づいて、中央処理装置 ( CPU ) 2 1 の制御により、電圧印加装置 9 を、より精密に作動および停止させる。

## 【 0 1 4 6 】

図 3 は、図 2 の制御処理において第 1 デバイスに電圧が印加されるときに、図 1 の制御ユニットにおいて実行される制御処理を示すフロー図である。図 3 に示す制御処理 ( 予測プログラム P ) は、メモリ 1 1 の ROM に記憶されており、その制御処理が中央処理装置 ( CPU ) 2 1 により実行される。

## 【 0 1 4 7 】

この制御処理は、図 2 に示す制御処理による電圧印加装置 9 の作動開始をトリガーとしてスタートされ、電圧印加装置 9 の作動停止によって終了される。

## 【 0 1 4 8 】

なお、以下において、図 3 の制御処理による電圧印加装置 9 の停止は、図 2 に示す制御処理による電圧印加装置 9 の作動よりも優先される。すなわち、図 2 に示す制御処理によれば、電圧印加装置 9 を作動させる条件である場合にも、図 3 に示す制御処理によれば、電圧印加装置 9 を停止させる条件である場合には、電圧印加装置 9 は停止される。

## 【 0 1 4 9 】

具体的には、図 3 に示す制御処理がスタートされると、電流検知器 2 6 によって、第 1 デバイス 3 に流れる電流が検知される ( ステップ S 1 1 ) 。

## 【 0 1 5 0 】

つまり、電圧印加装置 9 の作動によって第 1 デバイス 3 に電圧が印加されると、一時的に第 1 デバイス 3 に電流 (  $I$  ) が流れる。その電流が、電流検知器 2 6 によって検知される。

## 【 0 1 5 1 】

次いで、この処理では、第 1 デバイス 3 に流れる電流 (  $I$  ) の理論値 ( 理論最大値 ) を算出するとともに、その理論値と実際に検知された電流 (  $I$  ) とを比較することによって、第 1 デバイス 3 に流れる実際の電流の異常を検出する ( ステップ S 1 2 ) 。

## 【 0 1 5 2 】

第 1 デバイス 3 に流れる電流 (  $I$  ) の理論値は、第 1 デバイス 3 に印加される電圧と、予測プログラム P により予測される第 1 デバイス 3 の温度および静電容量から、以下のよう

## 【 0 1 5 3 】

すなわち、通常、第 1 デバイス 3 に電圧が印加される場合、その時の第 1 デバイス 3 の温度 (  $T$  ) において、第 1 デバイス 3 に流れる電流 (  $I_T$  ) は、電荷量 (  $Q$  ) の微分値として、下記式 ( 2 ) で示される。

## 【 0 1 5 4 】

$$I_T [A] = dQ / dt \quad (2)$$

このとき、第 1 デバイス 3 をコンデンサであるとみなすと、蓄積される電荷量 (  $Q_T$  ) は、第 1 デバイス 3 の温度 (  $T$  ) における静電容量 (  $C_T$  ) と電圧 (  $V$  ) とから、下記式 ( 3 ) で示される。

【 0 1 5 5 】

$$Q_T [C] = C_T [F] \times V [V] \quad (3)$$

そのため、上記式 (2) および上記式 (3) から、下記式 (4) が成立する。

【 0 1 5 6 】

$$I_T [A] = C_T [F] \times dV / dt \quad (4)$$

つまり、第 1 デバイス 3 に流れる電流 (I) の理論値は、電圧の変化量 (dV / dt)、温度 (T) およびその温度 (T) における静電容量 (C\_T) から算出される。

【 0 1 5 7 】

そして、上記の理論値と、電流検知器 26 によって検知される実際の電流とを比較し、実際の電流が上記の理論値を超過する場合には、電流が異常であると判断される。

10

【 0 1 5 8 】

このようにして電流の異常が検出された場合 (ステップ S 12 の YES) には、第 1 デバイス 3 が損傷しているものと予測されるため、中央処理装置 (CPU) 21 によって電圧印加装置 9 が停止され、第 1 デバイス 3 に対する電圧の印加が停止される (ステップ S 13)。また、これとともに、警告装置 (図示せず) からの警告灯や警告音などにより、第 1 デバイス 3 の損傷を通知し、車載発電システム 1 にダメージが生じる可能性を警告する。

【 0 1 5 9 】

一方、電流の異常が検出されなかった場合 (ステップ S 12 の NO) には、続いて、第 1 デバイス 3 に電流が流れる時間に基づいて、電圧印加装置 9 を作動させる最適時間が算出される (ステップ S 14)。

20

【 0 1 6 0 】

すなわち、上記したように、電圧印加装置 9 の作動により第 1 デバイス 3 に電圧が印加されると、一時的に第 1 デバイス 3 に電流が流れるが、その電流は、所定の時間 (t) 後には 0 を示す。

【 0 1 6 1 】

なお、電流が 0 を示すまでの所要時間 (t) は、第 1 デバイス 3 の静電容量や、第 1 デバイス 3 に印加する電圧の大きさ、また、流れる電流の大きさなどから、決定される。

【 0 1 6 2 】

具体的には、印加電圧 (V) までの電圧の上昇率 (dV / dt) が一定であり、また第 1 デバイス 3 に流れる電流 (I\_T) が一定であるとする、電流が 0 を示すまでの所要時間 (t) は、理想的には、下記式 (5) で示される。

30

【 0 1 6 3 】

$$\text{所要時間 (t)} = \text{電圧 (V)} \div dV / dt \quad (5)$$

また、上記式 (4) より、 $I_T [A] / C_T [F] = dV / dt$  であるから、下記式 (5) は、下記式 (6) となる。

【 0 1 6 4 】

$$\text{所要時間 (t)} = \text{印加電圧 (V)} \times \text{静電容量 (C_T)} \div \text{電流 (I_T)} \quad (6)$$

このように、電流が 0 を示すまでの所要時間 (t) は、第 1 デバイス 3 の静電容量 (C\_T)、第 1 デバイス 3 に印加する電圧 (V)、第 1 デバイス 3 に流れる電流 (I\_T) から求められる。

40

【 0 1 6 5 】

そして、この車載発電システム 1 では、第 1 デバイス 3 に流れる電流が 0 を示した時点で、第 1 デバイス 3 に対する電圧の印加は充分であると考えられており、余分に電圧を印加すると、高コスト化を惹起する場合がある。

【 0 1 6 6 】

そこで、この処理では、電流検知器 26 により第 1 デバイス 3 の電流を検知し、通電開始から電流が 0 を示すまでの所要時間を計測するとともに、その所要時間に基づいて、中央処理装置 (CPU) 21 によって電圧印加装置 9 の作動最適時間を算出する。

【 0 1 6 7 】

50



電圧印加装置 9 の作動最適時間は、通電開始から電流が 0 を示すまでの所要時間 ( $t_0$ ) に対して、例えば、1.0 ~ 3 倍、好ましくは、1.5 ~ 2.5 倍、とりわけ好ましくは、2 倍 ( $2 \times t_0$ ) である。

【0168】

次いで、この処理では、中央処理装置 (CPU) 21 によって、電圧印加装置 9 の作動開始から、上記の作動最適時間が経過したか否かが連続的に判断され (ステップ S15)、作動最適時間が経過するまで、電圧印加装置 9 が連続的に作動される (ステップ S15 の NO)。

【0169】

そして、電圧印加装置 9 の作動開始から上記の作動最適時間が経過したと判断された場合 (ステップ S15 の YES) に、中央処理装置 (CPU) 21 によって電圧印加装置 9 が停止され、第 1 デバイス 3 に対する電圧の印加が停止される (ステップ S16)。

【0170】

その後、この処理では、電圧印加装置 9 により第 1 デバイス 3 に印加される電圧 ( $V$ )、および、予測プログラム P により予測される第 1 デバイス 3 の温度 ( $T$ ) および静電容量 ( $C_T$ ) に基づいて、第 1 デバイス 3 に蓄積される理論電荷量 ( $Q_T$ ) を算出する。また、これとともに、電流検知器 26 により検知される第 1 デバイス 3 に流れる電流 ( $I_T$ ) に基づいて、第 1 デバイス 3 に蓄積される実際の電荷量 ( $Q_T$ ) を算出する。そして、それらと比較することによって、第 1 デバイス 3 の損傷を検出する (ステップ S17)。

【0171】

より具体的には、上記したように、第 1 デバイス 3 をコンデンサであるとみなすと、蓄積される電荷量 ( $Q_T$ ) は、第 1 デバイス 3 の温度 ( $T$ ) における静電容量 ( $C_T$ ) と電圧 ( $V$ ) とから、下記式 (3) で示される。

【0172】

$$Q_T [C] = C_T [F] \times V [V] \quad (3)$$

一方、この車載発電システム 1 において、所定温度 ( $T$ ) で第 1 デバイス 3 に流れた電流 ( $I_T$ ) は、電流検知器 26 によって連続的に検知されているため、下記式 (7) に基づいて、第 1 デバイス 3 に蓄積された実際の電荷量 ( $Q_T$ ) が中央処理装置 (CPU) 21 によって算出される。

【0173】

【数 1】

$$Q_T [C] = \int_{t_{start}}^{t_{end}} I dt \quad (7)$$

【0174】

(式中、 $t_{start}$  は、電圧印加開始時間を、 $t_{end}$  は、電圧印加終了時間を、それぞれ示す)

そして、上記式 (3) により求められる理論電荷量 ( $Q_T$ ) と、上記式 (7) により求められる実際の電荷量 ( $Q_T$ ) との差が、所定の許容範囲内であれば、第 1 デバイス 3 が正常であると判断され、一方、所定の許容範囲外であれば、第 1 デバイス 3 が損傷しているものと判断される。

【0175】

実際の電荷量と理論電荷量との差の許容範囲は、目的および用途に応じて、適宜設定されるが、例えば、実際の電荷量が理論電荷量に対して、例えば、50% 以上、例えば、100% 以下の範囲であれば、許容される。また、実際の電荷量と理論電荷量との差が上記の許容範囲外である場合には、第 1 デバイス 3 が損傷しているものと判断される。

【0176】

このようにして第 1 デバイス 3 の損傷が検出された場合 (ステップ S16 の YES) には、中央処理装置 (CPU) 21 によって電圧印加装置 9 が停止され、第 1 デバイス 3 に対する電圧の印加が停止される (ステップ S13)。また、これとともに、警告装置 (図

10

20

30

40

50

示せず)からの警告灯や警告音などにより、第1デバイス3の異常を通知し、発電システム1にダメージが生じる可能性を警告する。

【0177】

一方、第1デバイス3の損傷が検出されなかった場合(ステップS16のNO)には、図2に示す制御処理に従って電圧印加装置9の作動が停止されるまで、上記の制御処理が繰り返される(図3リターン)。

【0178】

そして、このような車載発電システム1では、上記の処理を繰り返すことにより、第1デバイス3の損傷を抑制するとともに、発電効率の向上を図ることができる。

【0179】

つまり、上記の車載発電システム1では、予測プログラムPに従って第1デバイス3の温度を予測し、その予測温度に基づいて、電圧印加装置9を作動および停止させる。

【0180】

具体的には、上記の車載発電システム1では、予測温度が第1デバイス3のキュリー点以上であるときには、中央処理装置(CPU)21により電圧印加装置9が作動され、第1デバイス3に電圧が印加される。

【0181】

そのため、第1デバイス3がそのキュリー点を越えたときには、温度センサなどを用いることなく、予測温度に基づいて電圧印加装置9を作動させることにより、第1デバイス3が損傷することを抑制することができ、発電システム1の発電性能が低下することや、発電不能となることを抑制することができる。その結果、高温環境下においても、優れた効率で発電することができる。

【0182】

また、上記の車載発電システム1では、第1デバイス3の昇温が検知されたときには、電圧印加装置9が作動され、第1デバイス3に電圧が印加される。一方、第1デバイス3の降温が検知されたときには、電圧印加装置9が停止され、電圧の印加が停止される。

【0183】

このような車載発電システム1によれば、電圧印加装置9を作動または停止させる、つまり、ON/OFF操作するという比較的簡易な方法によって、電圧を印加しない場合に比べ、第1デバイス3から効率的にエネルギーを取り出すことができ、発電効率の向上を図ることができる。

【0184】

また、発電効率の向上を図る方法としては、上記したように電圧印加装置9を単に作動および停止させるだけでなく、例えば、その印加電圧の大きさを第1デバイス3の温度状態に応じて変化させることも検討される。しかし、このような方法では、印加電圧を徐々に増減させるという煩雑な操作を必要とするため、手間がかかるという不具合がある。

【0185】

一方、上記の車載発電システム1では、電圧印加装置9を作動または停止させるという比較的簡易な方法によって、発電効率の向上を図ることができる。

【0186】

とりわけ、上記の車載発電システム1では、第1デバイス3の温度条件に基づいて、予測温度に基づいて電圧印加装置9を作動および停止させることにより、温度センサなどを用いることなく、応答性よく第1デバイス3に電圧を印加することができ、発電効率の向上を図ることができる。

【0187】

また、上記の車載発電システム1では、電圧印加装置9により第1デバイス3に印加される電圧、電流検知器26により検知される第1デバイス3に流れる電流、および、予測プログラムPにより予測される第1デバイス3の温度および静電容量に基づいて、電圧印加装置9を作動および停止させる。

【0188】

10

20

30

40

50

具体的には、上記の車載発電システム 1 では、第 1 デバイス 3 に流れる電流に基づいて、第 1 デバイス 3 の状態に応じた電圧印加装置 9 の作動最適時間が算出され、電圧印加装置 9 の作動時間が制御される。そのため、上記の車載発電システム 1 によれば、余分に電圧を印加することが抑制され、低コスト化を図ることができる。

【0189】

さらに、上記の車載発電システム 1 では、第 1 デバイス 3 に流れる電流や、第 1 デバイス 3 に蓄積される電荷量から、第 1 デバイス 3 の損傷が検出され、第 1 デバイス 3 の損傷が確認された場合には、電圧印加装置 9 による電圧の印加が停止されるため、車載発電システム 1 全体にダメージが生じることを抑制することができる。

【0190】

10

そして、このような車載発電システム 1 では、取り出された電力を、第 2 デバイス 4 に接続される昇圧器 5 において、周期的に変動する波形（例えば、交流、脈流など）の状態ですべて昇圧する。昇圧器 5 としては、交流電圧を、例えば、コイル、コンデンサなどを用いた簡易な構成により、優れた効率で昇圧できる昇圧器が、用いられる。

【0191】

次いで、昇圧器 5 において昇圧された電力を、交流 / 直流変換器 6 において直流電圧に変換した後、バッテリー 7 に蓄電する。

【0192】

このような車載発電システム 1 によれば、温度が経時的に上下する熱源（内燃機関 2 の排気ガス）を用いるため、変動する電圧（例えば、交流電圧）を取り出すことができ、その結果、一定電圧（直流電圧）として取り出す場合に比べて、簡易な構成により、優れた効率で昇圧して、蓄電することができる。

20

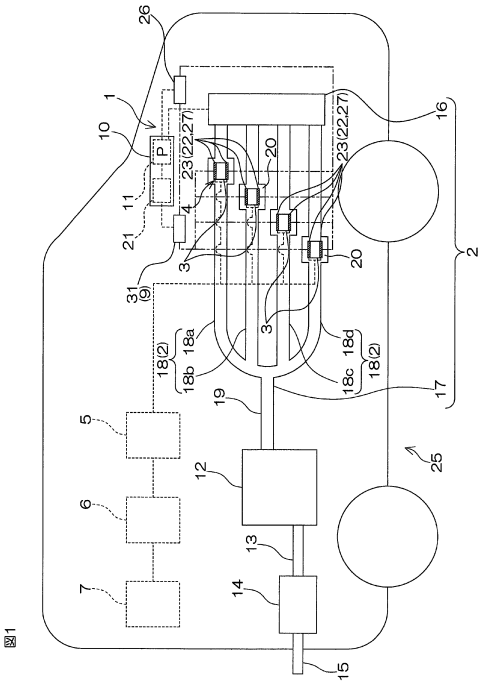
【符号の説明】

【0193】

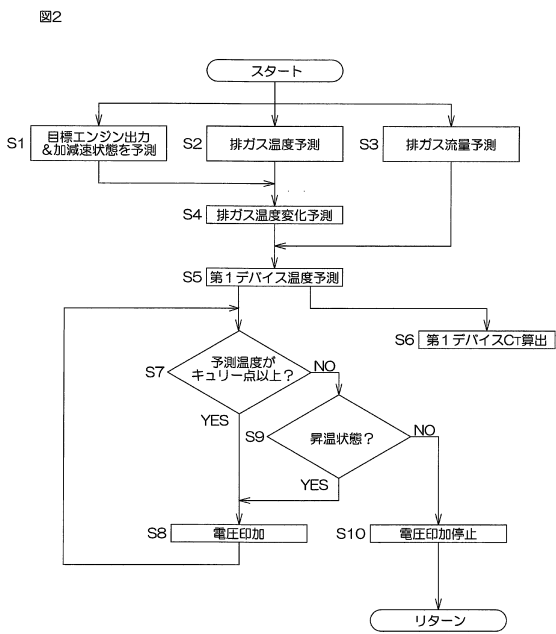
- 1 車載発電システム
- 2 内燃機関
- 3 第 1 デバイス
- 4 第 2 デバイス
- 9 電圧印加装置
- 10 制御ユニット
- 21 中央処理装置
- 26 電流検知器
- P 予測プログラム

30

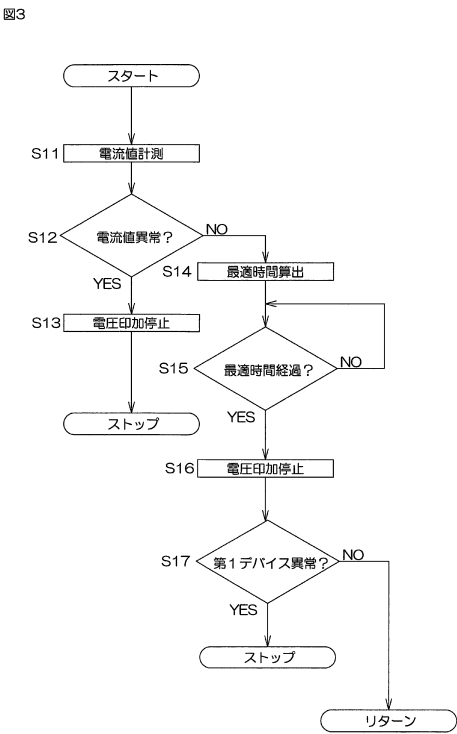
【図 1】



【図 2】



【図 3】



## フロントページの続き

- (72)発明者 金 允護  
滋賀県蒲生郡竜王町大字山之上 3 0 0 0 番地 ダイハツ工業株式会社 滋賀テクニカルセンター内
- (72)発明者 中島 啓  
滋賀県蒲生郡竜王町大字山之上 3 0 0 0 番地 ダイハツ工業株式会社 滋賀テクニカルセンター内
- (72)発明者 山中 暁  
滋賀県蒲生郡竜王町大字山之上 3 0 0 0 番地 ダイハツ工業株式会社 滋賀テクニカルセンター内
- (72)発明者 金 周永  
滋賀県蒲生郡竜王町大字山之上 3 0 0 0 番地 ダイハツ工業株式会社 滋賀テクニカルセンター内
- (72)発明者 田中 裕久  
滋賀県蒲生郡竜王町大字山之上 3 0 0 0 番地 ダイハツ工業株式会社 滋賀テクニカルセンター内
- (72)発明者 中山 忠親  
新潟県長岡市上富岡町 1 6 0 3 - 1 国立大学法人長岡技術科学大学内
- (72)発明者 武田 雅敏  
新潟県長岡市上富岡町 1 6 0 3 - 1 国立大学法人長岡技術科学大学内
- (72)発明者 山田 昇  
新潟県長岡市上富岡町 1 6 0 3 - 1 国立大学法人長岡技術科学大学内
- (72)発明者 新原 皓一  
新潟県長岡市上富岡町 1 6 0 3 - 1 国立大学法人長岡技術科学大学内

審査官 島倉 理

- (56)参考文献 特開 2 0 1 3 - 0 9 9 0 6 6 ( J P , A )  
特開 2 0 0 0 - 2 9 7 6 3 2 ( J P , A )  
米国特許出願公開第 2 0 1 0 / 0 2 8 9 3 7 7 ( U S , A 1 )  
国際公開第 2 0 1 2 / 1 5 5 1 0 2 ( W O , A 1 )  
特開 2 0 1 2 - 0 8 9 5 7 6 ( J P , A )  
特開 2 0 0 8 - 2 2 3 5 0 4 ( J P , A )  
特表 2 0 1 3 - 5 4 3 3 6 5 ( J P , A )

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
H 0 2 N 1 1 / 0 0