

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
**INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**  
—  
COURBEVOIE  
—

①① **N° de publication :** **3 135 370**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)  
②① **N° d'enregistrement national :** **22 04239**  
⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **H 03 K 3/027 (2022.01)**

①②

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

**B3**

⑤④ Générateur thermoélectrique à commutation de flux thermique.

②② **Date de dépôt :** 04.05.22.

③③ **Priorité :**

④③ **Date de mise à la disposition du public  
de la demande :** 10.11.23 Bulletin 23/45.

④⑤ **Date de la mise à disposition du public du  
certificat d'utilité :** 19.04.24 Bulletin 24/16.

⑤⑥ **Les certificats d'utilité ne font pas l'objet d'un  
rapport de recherche.**

⑥③ **Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :**

**Demande(s) d'extension :**

⑦① **Demandeur(s) :** ALIZENT INTERNATIONAL  
SOCIETE ANONYME — FR.

⑦② **Inventeur(s) :** BACOT Patrick.

⑦③ **Titulaire(s) :** ALIZENT INTERNATIONAL SOCIETE  
ANONYME.

⑦④ **Mandataire(s) :**

**FR 3 135 370 - B3**



## Description

### **Titre de l'invention : Générateur thermoélectrique à commutation de flux thermique**

- [0001] La présente invention concerne un générateur thermoélectrique à commutation de flux thermique.
- [0002] Bien que la génération de puissance électrique par effet thermoélectrique (effet Seebeck en anglais) présente un rendement faible, elle est cependant intéressante, voir irremplaçable dans certaines applications en particulier quand la puissance électrique à générer est faible et que les dimensions ou le poids doivent être minimisés et qu'aucune maintenance n'est envisagée. La technologie des générateurs thermoélectriques (GTE) présente l'avantage d'une très grande simplicité et de l'absence de pièce mobiles, contrairement aux autres procédés de conversion d'énergie thermique en énergie électrique.
- [0003] En pratique un générateur thermoélectrique peut être vu comme un dispositif convertissant une puissance thermique transférée d'une source chaude à une source froide en une puissance électrique délivrée à une charge (au sens électrique).
- [0004] Lorsque le besoin de puissance est variable, ce qui est le cas des systèmes d'acquisition et transmission, il est aisé de commuter le circuit électrique en aval du générateur, mais l'effet est presque négligeable sur le transfert thermique au travers du générateur. Dans certaines applications, en particulier quand la puissance thermique concerne un réservoir cryogénique et qu'elle induit une évaporation, il en résulte une perte inutile de produit.
- [0005] Une solution simple à ce problème est d'avoir en aval du générateur un dispositif d'accumulation électrique comme un condensateur ou une batterie et de dimensionner le générateur pour la puissance moyenne. Cette solution est applicable si la puissance moyenne sur une période de quelques heures ou quelques jours est à peu près constante dans le temps. Si ce n'est pas le cas et si la consommation est très variable, le volume de condensateur ou de batterie qu'il faudrait utiliser devient excessif. Il faudrait donc pouvoir moduler la puissance thermique à la source.
- [0006] La modulation de la puissance thermique se fait en général en jouant sur la température, ce qui ne peut être le cas dans les applications cryogéniques où la source froide est à la température d'un liquide cryogénique, par exemple  $-196^{\circ}\text{C}$  pour l'azote et la source chaude est la température ambiante.
- [0007] La seule solution est donc de faire varier la conductance thermique totale entre la source chaude et la source froide.
- [0008] La présente invention vise à remédier efficacement à ces inconvénients en proposant

un générateur thermoélectrique comportant une liaison thermique pour alimenter le générateur thermoélectrique et un dispositif mobile bistable commandé par un électroaimant, le dispositif mobile bistable étant agencé pour faire varier la conductance thermique du générateur thermoélectrique.

[0009] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent. Ces figures ne sont données qu'à titre illustratif mais nullement limitatif de l'invention.

[0010] [Fig.1] La [Fig.1] est une représentation schématique du générateur thermoélectrique selon l'invention.

[0011] Faire varier la conductance thermique d'un dispositif peut être réalisé à l'aide de diverses solutions techniques qui ont pour l'essentiel été étudiées pour la régulation thermiques des satellites qui sont soumis à des températures de surface extrêmement variable suivant qu'ils sont ou non exposés au rayonnement solaire.

[0012] On distingue les solutions suivantes :

- [0013] – Dispositifs à conduction par un gaz dont on fait varier la pression (du vide à une pression nominale). Ces dispositifs sont trop complexes pour cette application et surtout utilisable dans l'espace où le vide est toujours disponible ;
- Dispositifs à conduction par paraffine, similaires au précédents, ils sont également trop complexes ;
- Dispositif piézo-électrique ou un élément piézo-électrique va permettre un déplacement mécanique et la mise en contact de deux conducteurs thermiques en présence d'une tension. Ces dispositifs restent assez complexes, en particulier du fait de la nécessité d'appliquer des tensions électriques élevée en général de l'ordre de la centaine de volts ;
- Dispositifs à film conducteur thermique actionné de façon électrostatique qui sont pour l'instant au stade expérimental ;
- Dispositifs magnéto résistifs, en particulier utilisant la GMR (magnéto résistance géante).

[0014] Dans tous les cas mentionnés, de performances très élevées sont recherchées, un des paramètres essentiels étant le ratio de conductance thermique entre les états fermé et ouvert respectivement de conductance maximale et minimale.

[0015] En référence à la [Fig.1], on trouve les références numériques suivantes :

- [0016] • 1 : bobine de commande ;
- 2 : matériau à haute isolation thermique ;
- 3 : matériau à haute conductivité thermique ;
- 4 : dispositif mobile bistable à commande électromagnétique ;
- 5 : circuit thermique ouvert (position haute) ;
- 6 : circuit thermique fermé (position basse) ;

- 7 : vers source froide ;
- 8 : vers source chaude.

[0017] Comme visible sur la [Fig.1], on insère dans la liaison thermique alimentant le générateur thermoélectrique un dispositif mécanique bistable commandé par un électroaimant lui-même alimenté par un courant électrique, selon le même principe qu'un relais électromécanique bistable. Les deux pôles ou contact du relais deviennent alors des contacts thermiques du commutateur thermique.

[0018] Pour réaliser un bon contact thermique, on utilisera un matériau très conducteur thermiquement, comme le cuivre par exemple, exactement comme pour un bon contact électrique. La différence avec un relais bistable étant une conception minimisant la conduction thermique entre les deux pôles lorsqu'ils ne sont pas en contact. En effet, dans la conception d'un relais électromécanique on aura intérêt à maximiser l'évacuation de la chaleur résultant des pertes Joule dans le contact.

[0019] Ceci amènera donc à utiliser dans la construction (hors conducteurs électrique) un matériau à la fois isolant électrique et bon conducteur thermique.

[0020] On utilisera pour cela un matériau isolant électrique et aussi bon isolant thermique que possible, tout en présentant une bonne rigidité mécanique pour assurer la solidité de l'ensemble.

[0021] La solution proposée permet l'alimentation à partir du froid cryogénique des dispositifs d'enregistrement et de transmission destinés à la surveillance d'installations ou de containers cryogéniques, en particulier les containers mobiles dont l'état et éventuellement la position doivent être contrôlés.

[0022] Afin de présenter les propriétés requises le dispositif comprend les éléments suivants :

- [0023] – Deux conducteurs thermiques et électriques en liaison respectivement avec la source chaude et la source froide et conformés pour assurer un bon transfert avec chacune des sources.
- Un élément conducteur thermique et électrique mobile construit afin d'établir un contact électrique et thermique entre les deux conducteurs ci-dessus.
- Un dispositif mécanique bistable, c'est-à-dire présentant 2 positions stables assurant l'entraînement du contact mobile : l'une amenant le conducteur mobile en contact avec les 2 autres conducteurs ; l'autre écartant le conducteur mobile des deux autres supprimant ainsi la liaison thermique et électrique.
- [0024] – Une structure isolante thermique et électrique assurant à la fois le maintien mécanique et l'isolation des deux éléments conducteurs en liaison avec les deux sources
- Une cavité permettant le déplacement des éléments mobiles et dans laquelle

est réalisé un vide ou dans laquelle est placé un gaz assurant une bonne isolation thermique, comme le krypton ou l'argon.

- Une bobine électrique ou électroaimant conçu pour déplacer le dispositif mobile d'une position stable à l'autre par le passage d'un courant électrique donné pendant un temps suffisant pour permettre le déplacement du dispositif mobile. L'inversion de position se faisant en inversant le sens du courant. Dans une réalisation légèrement différente le déplacement est assuré par deux bobines assurant respectivement le déplacement d'une position à l'autre mais chacune alimentée sans inversion de sens du courant
- Un dispositif électrique permettant de détecter le caractère fermé ou ouvert du contact par mesure de sa résistance électrique, qui passe d'une valeur très élevée (par exemple supérieure à 1 M Ohm) en position ouvert à une valeur faible (par exemple inférieure à 1 Ohm) en position fermée. Cette détection assurant plusieurs fonctions : vérification de l'efficacité de la manœuvre de changement d'état ; ajustement de la durée d'alimentation de la ou des bobines afin de limiter la consommation électrique tout en faisant face à une variation du temps de commutation en fonction de la température, ce qui peut s'avérer précieux si de grandes amplitudes de température sont atteintes, ce qui est le cas ici par construction ; détection d'un éventuel changement d'état intempestif, par exemple dû à un choc subi par le dispositif et ayant provoqué un passage indésirable d'une position stable à l'autre. Dans ce cas l'anomalie pourra être détectée par le changement de valeur de résistance électrique et corrigée par une manœuvre de retour à la position désirée.

[0025] La ou les bobines sont pilotées sous contrôle d'un processeur ou microcontrôleur qui va actionner le commutateur thermique ainsi réalisé en fonction du besoin de puissance. Ce besoin se déduisant par exemple simplement du niveau de tension d'une capacité ou super capacité assurant la fonction de réserve d'énergie.

[0026] Il existe un risque principalement lié aux températures extrêmement basses auquel le dispositif peut être soumis. Les basses températures peuvent influencer sur le comportement mécanique de l'ensemble, en particulier du fait de la rigidification des matériaux.

[0027] Ce risque est réduit par les mesures suivantes :

- [0028] – Vérification du basculement mécanique du dispositif par mesure de résistance, cette vérification permet de fournir à la bobine de commande une énergie plus élevée si la rigidité mécanique exige d'appliquer une énergie plus importante pour assurer le basculement d'un état à l'autre.
- Utilisation d'un gaz isolant et sec, évitant tout risque de trace de glace dans les parties mobile.



## Revendications

- [Revendication 1] Générateur thermoélectrique comportant une liaison thermique pour alimenter le générateur thermoélectrique et un dispositif mobile bistable commandé par un électroaimant, le dispositif mobile bistable étant agencé pour faire varier la conductance thermique du générateur thermoélectrique.

[Fig. 1]

