

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 04.01.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 07.07.23 Bulletin 23/27.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : PSA AUTOMOBILES SA Société par
actions simplifiée (SAS) — FR.

72 Inventeur(s) : LI HAI.

73 Titulaire(s) : PSA AUTOMOBILES SA Société par
actions simplifiée (SAS).

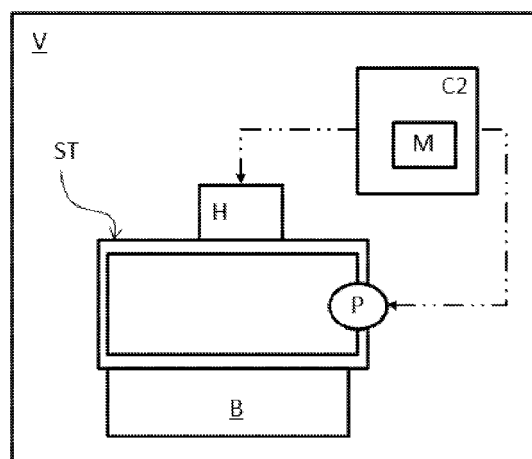
54 **SYSTÈME(s) DE CONTRÔLE THERMIQUE A
INTELLIGENCE ARTIFICIELLE, PROCÉDE ET
VEHICULE SUR LA BASE D'UN TEL SYSTEME.**

57 L'invention concerne un système de contrôle thermique pour batterie (B) de véhicule automobile (V), le système de contrôle coopérant avec un système thermique (ST) de la batterie comprenant un chauffage électrique (H), une pompe (P) et d'un circuit calorifique comprenant un fluide, caractérisé en ce que le système de contrôle comprend - des données d'un

modèle d'apprentissage automatique (M), relatives à des activations du chauffage électrique (H) et de la pompe (P), et des paramètres de chauffage effectif de la batterie (B) ; un contrôleur (C2) configuré pour contrôler la pompe (P) et le chauffage (H) en fonction des données du modèle d'apprentissage automatique (M).

L'invention concerne en outre un procédé et un véhicule automobile (V) sur la base d'un tel système.

Figure 2



Description

Titre de l'invention : SYSTEME DE CONTRÔLE THERMIQUE A INTELLIGENCE ARTIFICIELLE, PROCEDE ET VEHICULE SUR LA BASE D'UN TEL SYSTEME

- [0001] L'invention se rapporte au domaine des batteries de traction de véhicules automobiles connectées à un système thermique avec une pompe et un chauffage électrique. L'invention concerne plus précisément un système de contrôle thermique pour ces batteries.
- [0002] Le contrôle de la pompe et celui du chauffage électrique dépendent de la température du fluide calorifique à cause des caractéristiques thermiques dudit chauffage. Ces caractéristiques thermiques changent en fonction de la température notamment pour une plage basse d'utilisation.
- [0003] Pour répondre au besoin d'un certain débit du fluide, la vitesse de la pompe change en fonction de la température.
- [0004] Actuellement le calcul se fait par l'interpolation linéaire entre les points de mesure les plus proches du point d'opération. La même situation se présente pour le chauffage électrique, dont la puissance maximale dépend de la température du fluide du système thermique et de son débit.
- [0005] L'interpolation linéaire pour la pompe et le chauffage électrique, n'est pas une solution précise. En effet, la corrélation entre les facteurs impactants et le paramètre à contrôler, est non linéaire. Le contrôle de la pompe et du chauffage électrique, qui se base sur l'interpolation linéaire entre les points de mesure, présente des marges importantes d'amélioration en termes de précision.
- [0006] Un objectif de l'invention est d'améliorer la précision du contrôle anticipatif du système thermique.
- [0007] Pour atteindre cet objectif, l'invention propose un système de contrôle thermique pour batterie de véhicule automobile, le système de contrôle coopérant avec un système thermique de la batterie comprenant un circuit calorifique qui comprend un fluide, le circuit calorifique reliant la batterie à un chauffage électrique et à une pompe, caractérisé en ce que le système de contrôle comprend
- des données d'un modèle d'apprentissage automatique, relatives à des activations du chauffage électrique et de la pompe, et des paramètres de chauffage effectif de la batterie ;
 - un contrôleur configuré pour contrôler la pompe et le chauffage en fonction des données du modèle d'apprentissage automatique.
- [0008] Avantagusement, l'invention optimise le contrôle anticipatif du système thermique

par l'apprentissage automatique.

- [0009] Le modèle de l'apprentissage automatique s'adapte mieux que l'interpolation linéaire pour la corrélation non-linéaire dans le cadre du contrôle anticipatif. Cela permet de contrôler la pompe et le chauffage électrique de manière plus précise.
- [0010] Selon une variante, le modèle d'apprentissage automatique est basé sur une architecture en réseau neuronal simplifié. Cela permet d'être adapté à un contrôleur ayant peu de capacités de calcul tel qu'un contrôleur de véhicule automobile.
- [0011] Selon une variante, le modèle d'apprentissage automatique est configuré pour un contrôle anticipatif d'une augmentation rapide de la température de la batterie. Cela permet d'améliorer l'efficacité du contrôle de température lorsqu'il y a un besoin de chauffage rapide de la batterie.
- [0012] Selon une variante, le modèle d'apprentissage automatique est configuré pour un contrôle anticipatif du débit de fluide en tenant compte de la viscosité dudit fluide. Cela permet d'améliorer l'efficacité du contrôle de température en dépit de la viscosité du fluide.
- [0013] L'invention concerne également un procédé de calibration de contrôle thermique pour batterie de véhicule automobile, sur la base d'un système thermique de la batterie comprenant un circuit calorifique qui comprend un fluide, le circuit calorifique reliant la batterie à un chauffage électrique et à une pompe, caractérisé en ce que le procédé comprend des étapes de création d'un modèle d'apprentissage automatique au moyen de données relatives aux activations du chauffage électrique et de la pompe, et des paramètres de chauffage effectif de la batterie.
- [0014] Selon une variante, les données du modèle d'apprentissage automatique comprennent les températures et les débits du fluide comme données d'entrée, et les vitesses de la pompe comme données de sortie.
- [0015] Cela permet d'avoir des données de contrôle anticipatif pour améliorer l'efficacité du contrôle de température lorsqu'il y a un besoin de chauffage rapide de la batterie.
- [0016] Selon une variante, les données du modèle d'apprentissage automatique comprennent les températures et les débits du fluide comme données d'entrée, et les puissances maximales du chauffage électrique comme données de sortie.
- [0017] Cela permet d'avoir des données de contrôle anticipatif pour améliorer l'efficacité du contrôle de température en dépit de la viscosité du fluide.
- [0018] Selon une variante, le modèle d'apprentissage automatique est créé via des essais réalisés sur le véhicule automobile en hiver.
- [0019] Cela permet de prendre en compte les éléments du circuit comme les tuyaux, les refroidisseurs, les valves, le chauffage électrique qui influencent les résultats du contrôle ; et de profiter des basses températures de l'hiver pour réaliser un modèle précis.

- [0020] Un autre objet de l'invention a trait à un programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes du procédé de calibration selon l'invention, lorsque ledit programme fonctionne sur un ordinateur.
- [0021] L'invention a également trait à un véhicule automobile comprenant un système de contrôle selon l'invention.
- [0022] L'invention sera davantage détaillée par la description de modes de réalisation non limitatifs, et sur la base des figures annexées illustrant des variantes de l'invention, parmi lesquelles :
- [0023] [Fig.1] la [Fig.1] illustre schématiquement un système de calibration générant un modèle de données de contrôle pour un système de contrôle thermique selon l'invention ; et
- [0024] [Fig.2] la [Fig.2] illustre schématiquement un système de contrôle thermique utilisant le modèle généré par le système calibration de la [Fig.1].
- [0025] L'invention concerne un système de contrôle thermique pour un système thermique de batterie comprenant une pompe P et un chauffage électrique H.
- [0026] Le contrôle de la pompe P se base sur une courbe caractéristique de la pompe P, « vitesse – débit ». Cette courbe est réalisée au moyen d'essais avec un fluide calorifique défini dans le circuit dédié, par exemple de l'eau avec un antigel.
- [0027] Pour compenser les effets de la température, à savoir l'augmentation de la viscosité en baissant la température du fluide, plusieurs courbes pour différentes températures du fluide sont à réaliser.
- [0028] La [Fig.1] illustre les essais pour la réalisation du modèle d'apprentissage automatique M.
- [0029] Pour répondre aux points non mesurés, une interpolation linéaire entre les quatre points les plus proches est généralement réalisée. Ce moyen est effectif uniquement si le maillage de mesures est assez intense, ce qui n'est pas le cas en réalité.
- [0030] L'invention se base sur un système et un procédé de calibration pour réaliser tous les points de mesure, par exemple par un seul essai. De préférence, la calibration est basée sur au moins une ou de préférence toutes les spécifications suivantes :
- (1) Ces mesures sont à réaliser au niveau du véhicule, parce que les éléments du circuit comme les tuyaux, les refroidisseurs, les valves, le chauffage électrique influencent les résultats.
 - (2) Ces mesures sont à réaliser pendant les essais d'hiver pour profiter de la basse température ambiante.
 - (3) Le chauffage électrique H est activé avec une puissance très basse. La température du fluide augmente lentement. Un temps caractéristique pour évaluer la vitesse d'augmentation de la température du fluide est le temps pendant lequel le fluide termine une fois la circulation dans le circuit à condition de la vitesse minimale de la

pompe P. Un capteur de température T est par exemple prévu pour les températures. Il faut de préférence s'assurer que l'augmentation de la température n'est pas significative par rapport au changement de la viscosité pendant un balayage de la vitesse de la pompe P.

- (4) Faire varier la vitesse de la pompe P du minimum au maximum en gardant une variation de la viscosité du fluide ; et mesurer le débit avec un débitmètre D intégré dans le circuit.

[0031] Pour contrôler la vitesse de la pompe P pour répondre le besoin de débit, la modélisation de l'apprentissage automatique s'effectue avec les données d'entrée comme la température du fluide et le débit, et avec les données de sortie comme la vitesse de la pompe P accumulés dans cet essai. Un modèle M est illustré dans les figures à cet effet. Le contrôleur C1 peut être utilisé.

[0032] L'originalité de cette modélisation se situe sur l'identification des facteurs impactants, et le procédé mathématique, tout comme l'entraînement, et la validation croisée des données.

[0033] La construction de l'architecture du réseau neuronal peut être classique. Plusieurs architectures du réseau neuronal peuvent fonctionner, et celle la plus simple peut être choisie pour éviter le surapprentissage et aussi minimiser le coût du calcul dans l'ordinateur on bord du véhicule.

[0034] Le même type de problème se présente pour le chauffage électrique H. Le chauffage électrique H est utilisé pour augmenter la température de la batterie B le plus rapidement possible.

[0035] La difficulté se présente dans la détermination de la puissance maximale. Le chauffage électrique H fournit de la chaleur au fluide calorifique en portant une température beaucoup plus haute. Pour éviter la surchauffe de l'élément de chauffage H, la puissance électrique est limitée. La température du chauffage électrique H dépend de son refroidissement, qui dépend de la température du fluide calorifique et de son débit.

[0036] L'invention propose d'éviter l'implantation d'un capteur thermique T sur le chauffage électrique H dans la production série en profitant du contrôle anticipatif (feed-forward), qui se base sur un modèle de l'apprentissage automatique M. Le modèle de l'apprentissage automatique M fait une interpolation non linéaire entre les points de mesure.

[0037] Le développement se compose également de deux parties : essais et modélisations. Les essais se font avec les spécifications suivantes :

- (1) Rattacher un capteur thermique T sur le chauffage électrique H pour contrôler sa température.

- (2) Pour une température du fluide à l'entrée et un débit donné, la puissance maximale est à trouver pour maintenir la température du chauffage électrique H à la

valeur maximale à l'équilibre thermique.

- (3) Répéter cet essai pour plusieurs températures du fluide et plusieurs valeurs du débit.

- [0038] La modélisation intègre les données d'entrée comme la température du fluide et son débit, et les données de sortie comme la puissance maximale. L'originalité de cette modélisation réside dans l'identification des facteurs impactants, et le procédé mathématique reste classique.
- [0039] Les données des premiers et deuxièmes essais peuvent être combinées, ou les essais peuvent aboutir à des modèles d'apprentissage séparés.
- [0040] L'avantage de l'apprentissage automatique contre l'interpolation linéaire est significatif pour le cas où plusieurs facteurs, au lieu d'un seul, sont impactants et la corrélation entre les données de sortie et celles de l'entrée est non linéaire comme dans les cas évoqués ici.
- [0041] Avec moins de points de mesure, l'apprentissage automatique réalise une estimation plus raisonnable pour les points d'opération non mesurés, ce qui donne un contrôle plus précis.
- [0042] Ce modèle d'apprentissage automatique M est ensuite utilisé en série pour effectuer un contrôle anticipatif du système thermique. La [Fig.2] illustre l'utilisation en série.
- [0043] Le système de contrôle thermique obtenu comprend des données d'un modèle d'apprentissage automatique M, relatives à des activations du chauffage électrique H et de la pompe P, et des paramètres de chauffage effectif de la batterie B.
- [0044] Le système de contrôle thermique comprend en outre un contrôleur C2 configuré pour contrôler la pompe P et le chauffage H en fonction des données du modèle d'apprentissage automatique M.
- [0045] En résumé, cette invention d'invention décrit un moyen d'amélioration du contrôle anticipatif (feedback-forward) pour la pompe P du circuit de fluide, et le chauffage électrique H. Cette invention propose aussi les procédés d'essais pour accumuler les données pour la modélisation de manière plus économique en temps d'essais et d'analyse. Avec modélisation de l'apprentissage automatique, cette invention élimine la nécessité du mesurer la température du chauffage électrique H dans les véhicules en production série, et offre ainsi une solution plus pratique.
- [0046] L'invention porte en outre sur un programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes d'un procédé de contrôle tel que décrit précédemment, lorsque ledit programme fonctionne sur un ordinateur. Le programme peut être chargé dans un ordinateur de bord d'un véhicule automobile V incluant un contrôleur C2 ou dans un contrôleur C2 dédié.
- [0047] Un autre objet de l'invention concerne un véhicule automobile V comprenant un système de contrôle selon l'invention.

Revendications

- [Revendication 1] Système de contrôle thermique pour batterie (B) de véhicule automobile (V), le système de contrôle coopérant avec un système thermique (ST) de la batterie comprenant un circuit calorifique qui comprend un fluide, le circuit calorifique reliant la batterie (B) à un chauffage électrique (H) et à une pompe (P), caractérisé en ce que le système de contrôle comprend
- des données d'un modèle d'apprentissage automatique (M), relatives à des activations du chauffage électrique (H) et de la pompe (P), et des paramètres de chauffage effectif de la batterie (B) ;
 - un contrôleur (C2) configuré pour contrôler la pompe (P) et le chauffage (H) en fonction des données du modèle d'apprentissage automatique (M).
- [Revendication 2] Système de contrôle thermique selon la revendication 1, caractérisé en ce que le modèle d'apprentissage automatique (M) est basé sur une architecture en réseau neuronal simplifié.
- [Revendication 3] Système de contrôle thermique selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, caractérisé en ce que le modèle d'apprentissage automatique (M) est configuré pour un contrôle anticipatif d'une augmentation rapide de la température de la batterie (B).
- [Revendication 4] Système de contrôle thermique selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le modèle d'apprentissage automatique (M) est configuré pour un contrôle anticipatif du débit de fluide en tenant compte de la viscosité dudit fluide.
- [Revendication 5] Procédé de calibration de contrôle thermique pour batterie (B) de véhicule automobile (V), sur la base d'un système thermique (ST) de la batterie (B) un circuit calorifique qui comprend un fluide, le circuit calorifique reliant la batterie (B) à un chauffage électrique (H) et à une pompe (P), caractérisé en ce que le procédé comprend des étapes de création d'un modèle d'apprentissage automatique (M) au moyen de données relatives aux activations du chauffage électrique (H) et de la pompe (P), et des paramètres de chauffage effectif de la batterie (B).
- [Revendication 6] Procédé de calibration selon la revendication 5, caractérisé en ce que les données du modèle d'apprentissage automatique (M) comprennent les températures et les débits du fluide comme données d'entrée, et les vitesses de la pompe (P) comme données de sortie.
- [Revendication 7] Procédé de calibration selon l'une quelconque des revendications 5 à 6,

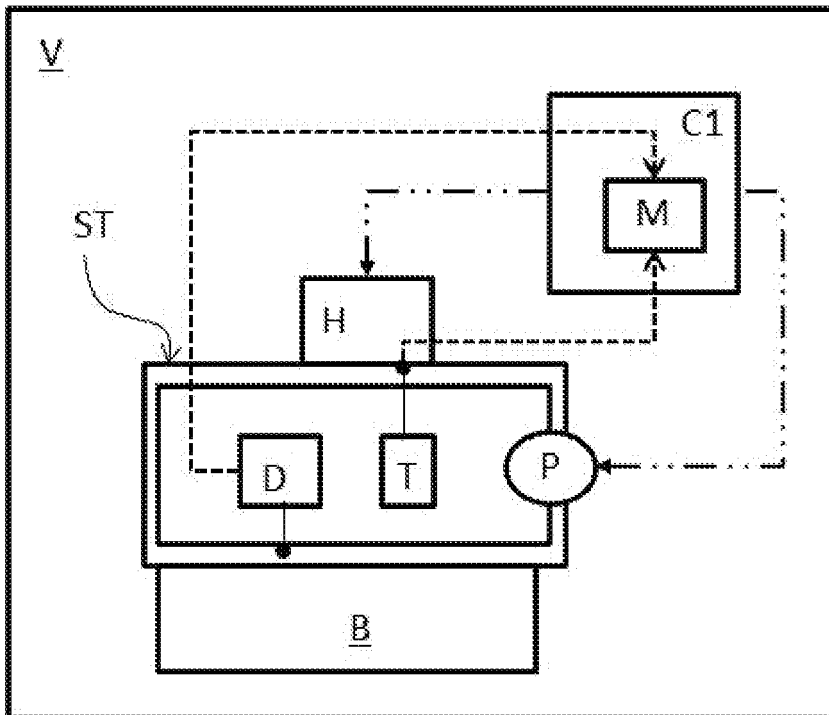
caractérisé en ce que les données du modèle d'apprentissage automatique (M) comprennent les températures et les débits du fluide comme données d'entrée, et les puissances maximales du chauffage électrique (H) comme données de sortie.

[Revendication 8] Procédé de calibration selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que le modèle d'apprentissage automatique (M) est créé via des essais réalisés sur le véhicule automobile (V) en hiver.

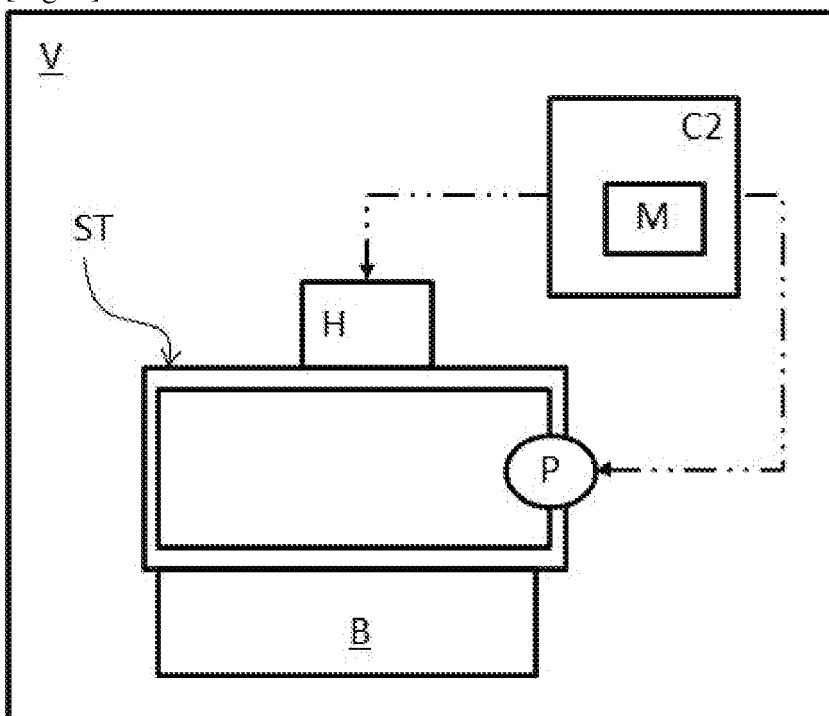
[Revendication 9] Programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes du procédé de calibration selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, lorsque ledit programme fonctionne sur un ordinateur.

[Revendication 10] Véhicule automobile (V) comprenant un système de contrôle selon l'une quelconque des revendications 1 à 4.

[Fig. 1]



[Fig. 2]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 902772
FR 2200030

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	CN 113 193 269 A (EVERGRANDE HENGCHI NEW ENERGY AUTOMOBILE RES INSTITUTE SHANGHAI CO LTD) 30 juillet 2021 (2021-07-30) * Step 603; figure 4 * -----	1-10	H01M10/6568 H01M10/60 B60L58/24
A	CN 111 572 407 A (UNIV LIAONING TECHNOLOGY) 25 août 2020 (2020-08-25) * alinéas [0008], [0009] * -----	1-10	
A	CN 109 193 075 A (UNIV HEFEI TECHNOLOGY) 11 janvier 2019 (2019-01-11) * Summary of the invention * -----	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H01M B60L
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
16 août 2022		Raimondi, Fabio	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2200030 FA 902772**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **16-08-2022**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CN 113193269 A	30-07-2021	AUCUN	
CN 111572407 A	25-08-2020	AUCUN	
CN 109193075 A	11-01-2019	AUCUN	