

Description

Titre : Pompe à vide et procédé de contrôle du chauffage

Domaine technique de l'invention

5 [0001] L'invention concerne une pompe à vide, telle qu'une pompe à vide sèche ou une pompe à vide turbomoléculaire. L'invention concerne aussi un procédé de contrôle du chauffage d'une pompe à vide.

Arrière-plan technique

10 [0002] La gestion thermique des pompes à vide est critique. Des gaz et substances évaporées de différentes chimies peuvent circuler dans les pompes à vide et peuvent, du fait de changements de condition de température ou de pression, se déposer sur les surfaces internes de la pompe à vide et provoquer des restrictions de jeu pouvant entraîner un grippage ou crash de la pompe à vide.

[0003] Il est connu de chauffer la pompe à vide pour prévenir la condensation ou solidification de produits de réaction et ainsi limiter la formation de dépôts.

15 [0004] Pour cela, une unité centrale de la pompe à vide contrôle la puissance électrique d'alimentation d'éléments chauffants, en modulant la puissance électrique du secteur auquel la pompe à vide est électriquement raccordée.

20 [0005] Or, les pompes à vide sont installées dans le monde entier et les plages de tension et la qualité des réseaux électriques auxquels elles sont raccordées présentent une très grande diversité.

[0006] Les fabricants de pompes à vide sont donc contraints de gérer plusieurs références d'éléments chauffants, chacune adaptée à la tension du réseau électrique du pays dans lequel la pompe à vide est destinée à être utilisée. Ceci peut être coûteux notamment du fait du nombre important de certifications pouvant être requis.

25 [0007] Un autre inconvénient est que le chauffage dépend de la qualité du réseau électrique. Des microcoupures, creux de tension ou surtensions peuvent apparaître plus ou moins fréquemment sur certains réseaux électriques. Les pertes de tension peuvent entraîner une perte de la qualité du chauffage, la consigne de température pouvant être plus difficile ou plus longue à atteindre, notamment dans les pays à faible
30 voltage. Des surtensions peuvent être dangereuses pour les personnes ou peuvent endommager les éléments chauffants.

Résumé de l'invention

[0008] Un but de la présente invention est de proposer une pompe à vide résolvant au moins partiellement les inconvénients de l'état de la technique.

[0009] A cet effet, l'invention a pour objet une pompe à vide comportant :

- un moteur et au moins un rotor configuré pour être entraîné en rotation par le moteur
 - 5 dans un stator de ladite pompe à vide,
 - un module de chauffage comprenant au moins un élément chauffant électrique configuré pour chauffer le stator de la pompe à vide lorsqu'il est alimenté électriquement,
 - au moins un capteur de température configuré pour mesurer la température du au
 - 10 moins un rotor ou du stator,
- caractérisée en ce que le module de chauffage comporte en outre une unité de pilotage du chauffage comprenant :
- un dispositif de mesure configuré pour mesurer la valeur d'un paramètre représentatif de la tension du réseau électrique auquel la pompe à vide est électriquement
 - 15 raccordée, et
 - une unité de contrôle configurée pour fournir une tension d'alimentation à l'au moins un élément chauffant en adaptant la puissance électrique dudit réseau électrique en prenant en compte la mesure issue du capteur de température et la valeur du paramètre représentatif de la tension dudit réseau électrique mesurée par le dispositif
 - 20 de mesure, pour atteindre une température de consigne prédéterminée.

[0010]

- Ainsi, au lieu d'adapter la tension d'alimentation des éléments chauffants pour réguler la température du stator à partir d'une tension supposée du réseau électrique, l'unité de pilotage du chauffage mesure un paramètre représentatif de la tension du réseau
- 25 électrique et en déduit une tension d'alimentation des éléments chauffants adaptée, prenant en compte la valeur réelle du réseau électrique et donc les éventuelles baisses de tension ou surtensions. En cas de baisse de la tension du réseau, la régulation de température prenant en compte la tension mesurée du réseau permet d'augmenter la puissance plus rapidement qu'en attendant un retour de l'asservissement par la
- 30 mesure de la température, qui serait plus lent et dont les incréments en puissance jusqu'à atteindre la consigne seraient inadaptés et donc également plus lents. En cas de suralimentations de la tension du réseau, la régulation de température prenant en compte la tension mesurée du réseau permet d'éviter de possibles endommagements

des éléments chauffants à plus ou moins long terme. La régulation de température peut donc s'adapter automatiquement aux fluctuations de tension du réseau électrique et donc être plus efficace et plus robuste. Cela permet de s'assurer que les éléments chauffants soient correctement alimentés et donc que la température du stator puisse être maîtrisée.

[0011] La pompe à vide peut en outre comporter une ou plusieurs des caractéristiques qui sont décrites ci-après, prises seules ou en combinaison.

[0012] L'unité de pilotage du chauffage peut être également configurée pour recevoir une information de fonctionnement de la pompe à vide et pour en tenir compte pour la détermination de la tension d'alimentation du au moins un élément chauffant.

[0013] L'information de fonctionnement peut être la consigne à laquelle l'utilisateur souhaite contrôler la température du stator et/ou le type d'élément chauffant, c'est-à-dire par exemple résistif ou inductif ou radiatif et/ou la tension nominale d'alimentation.

[0014] L'information de fonctionnement de la pompe à vide peut être un état de fonctionnement : en fonctionnement normal (vitesse de rotation nominale) / en arrêt / en attente (vitesse de rotation réduite).

[0015] L'unité de pilotage du chauffage peut en outre être configurée pour identifier l'algorithme de régulation du au moins un élément chauffant à appliquer en fonction du type d'élément chauffant du module de chauffage de la pompe à vide.

[0016] Le au moins un élément chauffant du module de chauffage comprend par exemple une résistance électrique et/ou un élément radiatif et/ou inductif.

[0017] Selon un exemple de réalisation, le module de chauffage comporte :

- au moins une paire d'éléments chauffants comprenant une première et une deuxième résistances électriques, les résistances électriques présentant des mêmes valeurs ohmiques, et

- un circuit électrique comprenant un premier circuit raccordant les éléments chauffants en parallèle, un deuxième circuit raccordant lesdits éléments chauffants en série, et un dispositif de commutation pilotable.

[0018] L'unité de pilotage du chauffage est configurée pour piloter le dispositif de commutation pour fournir la tension d'alimentation aux bornes de l'un ou l'autre du premier circuit ou du deuxième circuit en fonction de la tension du réseau électrique.

[0019] On peut ainsi, à partir des mêmes composants, adapter le circuit électrique du module de chauffage pour que les éléments chauffants soient adaptés à la tension du

réseau électrique. Le même module de chauffage comprenant les éléments chauffants ayant une tension d'alimentation basse, peut donc être utilisé sur les pompes à vide pouvant être raccordées à une large gamme de réseaux électriques. De plus, cette opération étant automatique, on évite d'éventuelles erreurs de branchement qui

5 pourraient endommager les éléments chauffants.

[0020] L'invention a aussi pour objet un procédé de contrôle du chauffage d'une pompe à vide telle que décrite précédemment, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- mesurer la valeur d'un paramètre représentatif de la tension du réseau électrique
- 10 auquel la pompe à vide est électriquement raccordée,
- fournir une tension d'alimentation à l'au moins un élément chauffant en adaptant la puissance électrique dudit réseau électrique en prenant en compte la valeur du paramètre représentatif de la tension dudit réseau électrique mesurée pour atteindre une température de consigne prédéterminée.

15 **Brève description des figures**

[0021] D'autres avantages et caractéristiques apparaîtront à la lecture de la description de l'invention, ainsi que des dessins annexés sur lesquels :

[0022] [Fig.1] La figure 1 montre une vue très schématique d'une pompe à vide.

[0023] [Fig.2] La figure 2 montre un schéma de câblage d'un module de chauffage de
20 la pompe à vide de la figure 1 ayant un dispositif de commutation dans un premier état de commutation.

[0024] [Fig.3] La figure 3 montre un schéma similaire à la figure 2 pour un deuxième état de commutation du dispositif de commutation.

[0025] [Fig.4] La figure 4 montre un organigramme d'un procédé de contrôle du
25 chauffage de la pompe à vide de la figure 1.

[0026] Sur ces figures, les éléments identiques portent les mêmes numéros de référence.

Description détaillée

[0027] Les réalisations suivantes sont des exemples. Bien que la description se réfère
30 à un ou plusieurs modes de réalisation, ceci ne signifie pas nécessairement que chaque référence concerne le même mode de réalisation, ou que les caractéristiques s'appliquent seulement à un seul mode de réalisation. De simples caractéristiques de différents modes de réalisation peuvent également être combinées ou interchangées

pour fournir d'autres réalisations, sans s'écarter de la portée de l'invention, telle que définie par les revendications.

[0028] La figure 1 montre un exemple de pompe à vide 1.

5 **[0029]** La pompe à vide 1 comporte un moteur 2 et au moins un rotor 3 configuré pour être entraîné en rotation par le moteur 2 dans un stator 4 (ou corps de pompe) de ladite pompe à vide 1. La pompe à vide 1 est configurée pour être électriquement raccordée, notamment pour l'alimentation électrique de son moteur 2, à un réseau électrique.

[0030] La pompe à vide 1 peut être une pompe à vide dite sèche (figure 1) ou une pompe à vide turbomoléculaire.

10 **[0031]** Une pompe à vide 1 sèche est une pompe à vide volumétrique, qui est configurée pour, à l'aide des deux rotors 3, aspirer, transférer puis refouler le gaz à pomper à la pression atmosphérique ou au-delà. C'est par exemple une pompe à vide primaire multiétagée qui comprend entre deux et dix étages de pompage (cinq dans l'exemple illustratif) ou un compresseur Roots qui comprend un à trois étages de
15 pompage. Chaque étage de pompage du stator 4 est formé par une chambre de pompage recevant deux rotors 3 conjugués, les chambres de pompage comprenant une entrée et une sortie respectives. Les étages de pompage successifs sont raccordés en série les uns à la suite des autres par des canaux inter-étages respectifs raccordant la sortie de l'étage de pompage qui précède à l'entrée de l'étage qui suit.
20 Lors de la rotation, le gaz aspiré depuis l'entrée est emprisonné dans le volume engendré par les rotors 3 et le stator 4, puis est entraîné par les rotors 3 vers l'étage suivant. La pompe à vide 1 est notamment dite « sèche » car en fonctionnement, les rotors 3 tournent à l'intérieur du stator 4 sans aucun contact mécanique entre eux ou avec le stator 4, ce qui permet de ne pas utiliser d'huile dans la ou les chambres de
25 pompage.

[0032] Selon un autre exemple, la pompe à vide 1 est une pompe à vide turbomoléculaire et comporte un unique rotor 3 (non représenté). Le rotor 3 est configuré pour être entraîné par le moteur 2 en rotation à grande vitesse dans le stator 4, par exemple à plus de vingt mille tours par minute. Le rotor 3 est guidé latéralement
30 et axialement par des paliers magnétiques ou mécaniques. En fonctionnement, l'orifice de refoulement de la pompe à vide 1 turbomoléculaire est raccordé à une pompe à vide primaire. La pompe à vide 1 turbomoléculaire peut ne comporter qu'un étage turbomoléculaire ou un étage turbomoléculaire et un étage moléculaire en aval de

l'étage turbomoléculaire dans la direction d'écoulement des gaz. Dans l'étage turbomoléculaire, le rotor 3 comporte au moins deux étages de pales et le stator 4 comporte au moins un étage d'ailettes. Les étages de pales et d'ailettes se succèdent axialement le long de l'axe de rotation du rotor 3. Selon un exemple de réalisation, le rotor 3 comporte une jupe Holweck dans l'étage moléculaire formée par un cylindre lisse, qui tourne en regard de rainures hélicoïdales du stator 4.

5 [0033] La pompe à vide 1 peut en outre comporter une unité centrale de commande 7 telle qu'une carte électronique, comportant un ou plusieurs contrôleurs ou microcontrôleurs ou processeurs et une mémoire. L'unité centrale de commande 7 est
10 configurée pour exécuter des suites d'instructions de programmes permettant notamment de contrôler la vitesse de rotation du au moins un rotor 3 et de recevoir et fournir des informations de fonctionnement de la pompe à vide 1, tel que fournir une température de consigne par exemple reçue par une interface utilisateur, ou fournir des signaux de mesure de la température du stator 4 ou du au moins un rotor 3, issus d'au
15 moins un capteur de température 20 de la pompe à vide 1, tel qu'un capteur infrarouge, un capteur magnétothermique, une sonde à coefficient de température positif, un thermocouple ou une thermistance.

[0034] La pompe à vide 1 comporte en outre un module de chauffage 5 comprenant au moins un élément chauffant 6 électrique tel qu'une résistance électrique et/ou un
20 élément radiatif ou inductif, configuré pour chauffer le stator 4 de la pompe à vide 1 lorsqu'il est alimenté électriquement. Les éléments chauffants 6 peuvent être configurés pour recevoir une tension d'alimentation basse telle qu'une tension monophasée par exemple comprise entre 100V et 240V, ou ils peuvent être configurés pour être alimentés avec une tension d'alimentation haute telle qu'une tension
25 triphasée, par exemple comprise entre 180V et 530V, cette plage de valeur prenant en compte une marge de sécurité de 20% sur la borne basse et 10% sur la borne haute pour tenir compte des fluctuations du réseau électrique.

[0035] Le module de chauffage 5 comporte en outre une unité de pilotage du chauffage 8 telle qu'une carte électronique, qui comporte un ou plusieurs contrôleurs
30 ou microcontrôleurs ou processeurs et une mémoire, pour exécuter des suites d'instructions de programmes permettant de mettre en œuvre un procédé de chauffage de la pompe à vide 1.

[0036] L'unité de pilotage du chauffage 8 et l'unité centrale de commande 7 peuvent faire partie d'une même carte électronique ou peuvent être des cartes électroniques indépendantes. Des unités 7, 8 physiquement indépendantes l'une de l'autre permettent de pouvoir standardiser les unités centrales de commande 7 des pompes à vide 1 en ayant la possibilité de leur adjoindre ou non un module de chauffage 5.

[0037] L'unité de pilotage du chauffage 8 comporte:

- un dispositif de mesure configuré pour mesurer la valeur d'un paramètre représentatif de la tension du réseau électrique auquel la pompe à vide 1 est électriquement raccordée, comme la tension du réseau électrique, et
- une unité de contrôle configurée pour fournir une tension d'alimentation U à l'au moins élément chauffant 6 en adaptant la puissance électrique du réseau électrique en prenant en compte la mesure de température du stator 4 ou du au moins un rotor 3 issue du capteur de température 20 et la valeur du paramètre représentatif de la tension dudit réseau électrique U_{res} mesurée par le dispositif de mesure pour atteindre une température de consigne prédéterminée.

[0038] Le réseau électrique est le réseau de distribution destiné à fournir la puissance électrique permettant d'alimenter un ensemble de machines électriques dont la pompe à vide 1. A titre illustratif, la tension du réseau électrique peut être :

Pays	Monophasé	Triphasé
Japon	100V ou 200V	200V ou 415V
Taïwan	110V	220V ou 380V
Etats-Unis d'Amérique - Canada	120V ou 240V	240V ou 480V
Mexique	127V	220V
Europe - Chine - Corée du Sud	220V - 240V	380V et 400V

[0039] La tension d'alimentation à fournir aux éléments chauffants 6 est déterminée à partir d'une consigne de température, d'une mesure de température du stator 4 et d'un algorithme de régulation notamment un asservissement en boucle fermée. L'unité de pilotage du chauffage 8 reçoit par exemple la consigne de température de l'unité centrale de commande 7 et des signaux de mesure de température soit de l'unité

centrale de commande 7, soit directement des capteurs de température de la pompe à vide 1.

[0040] Les algorithmes de régulation possibles sont par exemple des asservissements en boucle fermée tout ou rien, proportionnels ou PID (proportionnel, intégral, dérivé).

- 5 **[0041]** De manière connue en soi, dans l'algorithme de régulation tout ou rien (on/off), on alimente les éléments chauffants 6 lorsque la température mesurée est inférieure à la consigne de température et on coupe l'alimentation lorsque la température mesurée est supérieure à la consigne. Dans l'algorithme de régulation proportionnel ou PID, on augmente ou on diminue l'alimentation des éléments chauffants 6 en fonction de la
- 10 différence constatée entre la consigne de température et la température mesurée avec une composante proportionnelle, intégrale et dérivée.

- [0042]** La tension d'alimentation U des éléments chauffants 6 ainsi déterminée est ensuite obtenue par adaptation de la tension du réseau électrique Ures (fonction schématisée par le bloc 15 sur la figure 4), par exemple en transformant la tension
- 15 d'alimentation mesurée en une succession de créneaux dont la durée et/ou la fréquence varie de manière à atteindre la tension d'alimentation U déterminée par l'algorithme de régulation.

- [0043]** Le dispositif de mesure est par exemple configuré pour mesurer la tension du réseau électrique Ures au niveau d'une phase d'alimentation de la pompe à vide 1.
- 20 **[0044]** La mesure du paramètre représentatif de la tension du réseau électrique peut être réalisée périodiquement, par exemple avec une période inférieure à 1 seconde, comme toutes les 500msec, de sorte que la tension d'alimentation à fournir aux éléments chauffants 6 puisse être régulièrement recalculée et asservie à la mesure de température du stator 4.

- 25 **[0045]** Ainsi, au lieu d'adapter la tension d'alimentation U des éléments chauffants 6 pour réguler la température du stator 4 à partir d'une tension supposée du réseau électrique, l'unité de pilotage du chauffage 8 mesure un paramètre représentatif de la tension du réseau électrique Ures et en déduit une tension d'alimentation U des éléments chauffants adaptée, prenant en compte la valeur réelle du réseau électrique
- 30 et donc des éventuelles baisses de tension ou surtensions. La régulation de température peut donc s'adapter automatiquement aux fluctuations de tension du réseau électrique. Cela permet de s'assurer que les éléments chauffants 6 soient correctement alimentés et donc que la température du stator 4 puisse être maîtrisée.

[0046] Selon un exemple de réalisation, l'unité de pilotage du chauffage 8 est en outre configurée pour recevoir une information de fonctionnement lfon de la pompe à vide 1, fournie par l'unité centrale de commande 7, et pour en tenir compte pour la détermination de la tension d'alimentation U des éléments chauffants 6 (figure 1).

- 5 **[0047]** L'information de fonctionnement lfon de la pompe à vide 1 peut être la consigne à laquelle l'utilisateur souhaite contrôler la température du stator 4 et/ou le type d'élément chauffant 6, c'est-à-dire par exemple résistif ou inductif ou radiatif et/ou tension d'alimentation basse ou haute.

- 10 **[0048]** L'information de fonctionnement lfon de la pompe à vide 1 peut être un état de fonctionnement : en fonctionnement normal (vitesse de rotation nominale) / en arrêt / en attente (vitesse de rotation réduite). Le procédé peut ainsi modifier la température de consigne par exemple pour couper le chauffage si la pompe à vide 1 est à l'arrêt ou en attente, ce qui permet de réaliser des économies d'énergie.

- 15 **[0049]** Le contrôle du chauffage peut ainsi être finement réalisé en fonction des conditions de fonctionnement de la pompe à vide 1.

[0050] Selon un exemple de réalisation, l'unité de pilotage du chauffage 8 est en outre configurée pour identifier l'algorithme de régulation dudit au moins un élément chauffant 6 à appliquer en fonction du type d'élément chauffant 6 de la pompe à vide 1.

- 20 **[0051]** Pour identifier l'algorithme de régulation du au moins un élément chauffant 6 à appliquer, l'unité de pilotage du chauffage 8 peut d'abord identifier le type d'élément chauffant 6 du module de chauffage 5 puis sélectionner l'algorithme adapté dans une base d'algorithmes préenregistrée dans l'unité centrale de commande 7 ou dans l'unité de pilotage du chauffage 8.

- 25 **[0052]** Le type d'élément chauffant 6, tel qu'une résistance électrique et/ou un élément radiatif ou inductif et/ou la tension nominale d'alimentation, peut être enregistré dans l'unité de pilotage du chauffage 8 et/ou peut être une information fournie par les éléments chauffants 6 eux-mêmes.

- 30 **[0053]** Pour identifier le type d'élément chauffant 6 du module de chauffage 5, l'unité de pilotage du chauffage 8 peut être configurée pour mesurer une résistance entre deux bornes d'un circuit électrique par exemple agencé au niveau de l'élément chauffant 6 ou dans l'unité de pilotage du chauffage 8, la valeur de la résistance définissant le type d'élément chauffant 6.

[0054] Ainsi, l'unité de pilotage du chauffage 8 peut être un module indépendant de l'unité centrale de commande 7, implémentée avec le module de chauffage 5 dans les pompes à vide 1, quelque soit le type d'éléments chauffants 6 du module de chauffage 5. L'unité de pilotage du chauffage 8 peut détecter elle-même le type d'élément chauffant 6 implanté et sélectionner l'algorithme de régulation à appliquer dans la bibliothèque d'algorithme. L'unité de pilotage du chauffage 8 peut donc être standardisée pour tout type d'élément chauffant 6.

[0055] Selon un exemple de réalisation illustré sur la figure 2, le module de chauffage 5 comporte au moins une paire d'éléments chauffants 6 et un circuit électrique.

[0056] La paire d'éléments chauffants 6 comprend une première et une deuxième résistances électriques, les résistances électriques présentant des mêmes valeurs ohmiques.

[0057] Le circuit électrique comprend un premier circuit 9 raccordant les éléments chauffants 6 d'une paire en parallèle, un deuxième circuit 10 raccordant lesdits éléments chauffants 6 en série et un dispositif de commutation 11 pilotable par l'unité de pilotage du chauffage 9. S'il y a plus d'une paire d'éléments chauffants 6, les éléments chauffants 6 de chaque paire sont raccordés comme la première paire, les circuits électriques de chaque paire étant raccordés en parallèle.

[0058] Le dispositif de commutation 11 pilotable comporte par exemple des premiers relais 12a, 12b respectivement agencés sur chaque branche du premier circuit 9 raccordant les éléments chauffants 6 de la paire en parallèle et un deuxième relais 13 agencé sur la branche du second circuit 10 raccordant les éléments chauffants 6 de la paire en série.

[0059] L'unité de pilotage du chauffage 8 est configurée pour piloter le dispositif de commutation 11 selon un premier état de commutation (figure 2) ou selon un deuxième état de commutation (figure 3) afin de fournir la tension d'alimentation U aux bornes de l'un ou l'autre du premier circuit 9 ou du deuxième circuit 10 en fonction de la tension du réseau électrique Ures.

[0060] L'unité de pilotage du chauffage 9 est par exemple configurée pour comparer la tension du réseau électrique Ures mesurée avec un seuil de bascule et pour piloter le dispositif de commutation 11 en fonction du résultat de la comparaison. Cette comparaison peut être réalisée par programmation (« software » en anglais) ou au moyen de composants électroniques (« hardware » en anglais).

- [0061] Selon un exemple de réalisation illustré sur la figure 4, le circuit électrique du module de chauffage 5 comporte un comparateur 14 dont une entrée est reliée au dispositif de mesure fournissant une mesure du réseau électrique Ures. Le dispositif de mesure peut en outre comporter un abaisseur de tension 16 configuré pour filtrer, redresser et abaisser la tension du réseau électrique Ures. L'autre entrée du comparateur 14 est reliée à une tension de référence Us. La sortie du comparateur 14 permet de piloter les relais 12a, 12b, 13 du dispositif de commutation 11. La même comparaison peut être réalisée par programmation logicielle.
- [0062] Si par exemple l'algorithme de régulation associé au type d'élément chauffant 6 préconise une tension d'alimentation basse telle qu'une tension monophasée, par exemple 110V, et que la tension du réseau électrique Ures mesurée est une tension triphasée, soit le double de la tension préconisée, par exemple 220V, alors l'unité de pilotage du chauffage 8 peut piloter le dispositif de commutation 11 de sorte que la tension d'alimentation U soit délivrée aux bornes du deuxième circuit 10 raccordant les éléments chauffants 6 en série. Ainsi, la moitié de la tension d'alimentation U peut être délivrée aux bornes de chaque élément chauffant 6. Ce premier état de commutation est illustré par la figure 2 montrant les premiers relais 12a, 12b du dispositif de commutation 11 ouverts sur les branches parallèles du premier circuit 9 et le relais 10 fermé sur la branche du deuxième circuit 10.
- [0063] Si en revanche la tension du réseau électrique Ures mesurée est égale à celle de la tension de réseau électrique préconisée par l'algorithme de régulation alors l'unité de pilotage du chauffage 8 peut piloter le dispositif de commutation 11 pour que la tension d'alimentation U soit délivrée aux bornes du premier circuit 9 raccordant les éléments chauffants 6 en parallèle. Ainsi, la tension d'alimentation U peut être délivrée aux bornes de chaque élément chauffant 6. Ce deuxième état de commutation est illustré sur la figure 3 montrant les relais 12a, 12b fermés sur les branches parallèles du premier circuit 9 et le relais 13 ouvert sur la branche du deuxième circuit 10 raccordant les éléments chauffants 6 en série.
- [0064] On peut ainsi, à partir des mêmes composants, adapter le circuit électrique du module de chauffage 5 pour que les éléments chauffants 6 soient adaptés à la tension du réseau électrique Ures. Le même module de chauffage 5 comprenant les éléments chauffants 6 ayant une tension d'alimentation basse, peut donc être utilisé sur les pompes à vide 1 pouvant être raccordées à une large gamme de réseaux électriques.

De plus, cette opération étant automatique, on évite d'éventuelles erreurs de branchement qui pourraient endommager les éléments chauffants 6.

REVENDEICATIONS

[Revendication 1] Pompe à vide (1) comportant :

- un moteur (2) et au moins un rotor (3) configuré pour être entraîné en rotation par le moteur (2) dans un stator (4) de ladite pompe à vide (1),
- 5 - un module de chauffage (5) comprenant au moins un élément chauffant (6) électrique configuré pour chauffer le stator (4) de la pompe à vide (1) lorsqu'il est alimenté électriquement,
- au moins un capteur de température (20) configuré pour mesurer la température du stator (4) ou du au moins un rotor (3),
- 10 caractérisée en ce que le module de chauffage (5) comporte en outre une unité de pilotage du chauffage (8) comprenant :
 - un dispositif de mesure configuré pour mesurer la valeur d'un paramètre représentatif de la tension du réseau électrique auquel la pompe à vide (1) est électriquement raccordée, et
- 15 - une unité de contrôle configurée pour fournir une tension d'alimentation (U) à l'au moins un élément chauffant (6) en adaptant la puissance électrique dudit réseau électrique en prenant en compte la mesure issue du capteur de température (20) et la valeur du paramètre représentatif de la tension dudit réseau électrique (U_{res}) mesurée par le dispositif de mesure, pour atteindre une température de consigne
- 20 prédéterminée.

[Revendication 2] Pompe à vide (1) selon la revendication précédente, caractérisée en ce que l'unité de pilotage du chauffage (8) est également configurée pour recevoir une information de fonctionnement (Ifon) de la pompe à vide (1) et pour en tenir compte pour la détermination de la tension d'alimentation (U) du au moins un élément chauffant (6).

[Revendication 3] Pompe à vide (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que l'unité de pilotage du chauffage (8) est en outre configurée pour identifier l'algorithme de régulation du au moins un élément chauffant (6) à appliquer en fonction du type d'élément chauffant (6) du module de chauffage (5) de la pompe à vide (1).

[Revendication 4] Pompe à vide (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le au moins un élément chauffant (6) comprend une résistance électrique et/ou un élément radiatif et/ou inductif.

[Revendication 5] Pompe à vide (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le module de chauffage (5) comporte :

- au moins une paire d'éléments chauffants (6) comprenant une première et une deuxième résistances électriques, les résistances électriques présentant des mêmes valeurs ohmiques, et
- un circuit électrique comprenant un premier circuit (9) raccordant les éléments chauffants (6) en parallèle, un deuxième circuit (10) raccordant lesdits éléments chauffants (6) en série, et un dispositif de commutation (11) pilotable, l'unité de pilotage du chauffage (8) étant configurée pour piloter le dispositif de commutation (11) pour fournir la tension d'alimentation (U) aux bornes de l'un ou l'autre du premier circuit (9) ou du deuxième circuit (10) en fonction de la tension du réseau électrique (Ures).

[Revendication 6] Pompe à vide (1) selon la revendication précédente, caractérisée en ce que l'unité de pilotage du chauffage (8) est configurée pour piloter le dispositif de commutation (11) pour fournir la tension d'alimentation (U) aux bornes de l'un ou l'autre du premier circuit (9) ou du deuxième circuit (10) en fonction de la tension du réseau électrique (Ures).

[Revendication 7] Procédé de contrôle du chauffage d'une pompe à vide (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- mesurer la valeur d'un paramètre représentatif de la tension du réseau électrique auquel la pompe à vide (1) est électriquement raccordée,
- fournir une tension d'alimentation (U) à l'au moins un élément chauffant (6) en adaptant la puissance électrique dudit réseau électrique en prenant en compte la valeur du paramètre représentatif de la tension dudit réseau électrique (Ures) mesurée pour atteindre une température de consigne prédéterminée.