

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**3 144 453**

②1 N° d'enregistrement national : **22 14120**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **H 02 P 31/00 (2023.01)**

⑫

**DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

②2 Date de dépôt : 21.12.22.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 28.06.24 Bulletin 24/26.

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) : Valeo eAutomotive France SAS SAS — FR.

⑦2 Inventeur(s) : HELD Andreas et BIN-ISMAIL Muhamad-Ikhwan.

⑦3 Titulaire(s) : Valeo eAutomotive France SAS SAS.

⑦4 Mandataire(s) : Valeo eAutomotive France SAS - Service Propriété Intellectuelle.

⑤4 Circuit d'adaptation d'angle et système de contrôle.

⑤7 L'invention concerne un circuit d'adaptation d'angle (36) pour décaler un angle utilisé par un système de commande (12) d'une machine électrique (14). Le circuit d'adaptation d'angle (36) comprend au moins une entrée (38) pour recevoir des informations sur un couple et/ou des informations sur une vitesse de la machine électrique (14). Le circuit d'adaptation d'angle (36) comprend un module d'adaptation (46) connecté à la au moins une entrée (38). Le module d'adaptation (46) est configuré pour traiter les informations reçues via la au moins une entrée (38) et pour sortir un décalage d'angle à appliquer à une valeur d'angle de la machine électrique (14). En outre, un système de commande (12) est décrit.

Figure pour le résumé: Fig. 1

**FR 3 144 453 - A1**



## Description

### Titre de l'invention : Circuit d'adaptation d'angle et système de contrôle

- [0001] L'invention concerne un circuit d'adaptation d'angle pour décaler un décalage d'angle utilisé par un système de commande d'une machine électrique. En outre, l'invention concerne un système de commande d'une machine électrique.
- [0002] Dans l'état de la technique, on connaît des systèmes de commande pour une machine électrique, qui comprennent un système de commande pour délivrer une consigne de tension basée sur un point de fonctionnement de la machine électrique. Les systèmes de commande comprennent généralement un module de détermination de la consigne de courant, un contrôleur de courant et un module de modulation de tension. Ces composants du système de commande sont utilisés pour commander les cycles de fonctionnement des commutateurs (de puissance) d'un onduleur qui est couplé à la machine électrique.
- [0003] Ces systèmes de commande comprennent également un module d'évaluation d'angle qui est configuré pour déterminer un angle réel de la machine électrique sur la base duquel le système de commande détermine le point de consigne de tension en conséquence.
- [0004] Généralement, le point de fonctionnement à partir duquel le point de consigne de tension est déterminé est optimisé sur la base du couple maximal par ampère (MTPA) et du couple maximal par flux (MTPF), également appelé couple maximal par tension (MTPV). Cependant, il s'est avéré que ces optimisations du point de fonctionnement connues présentent des inconvénients pour les faibles couples et les faibles valeurs de vitesse.
- [0005] Par conséquent, il existe un besoin pour un système optimisé à utiliser à de faibles couples et à des valeurs de vitesse faibles et moyennes.
- [0006] L'invention fournit un circuit d'adaptation d'angle pour décaler un angle utilisé par un système de commande d'une machine électrique. Le circuit d'adaptation d'angle comprend au moins une entrée pour recevoir des informations sur un couple et/ou des informations sur la vitesse de la machine électrique. Le circuit d'adaptation d'angle comprend un module d'adaptation connecté à la au moins une entrée. Le module d'adaptation est configuré pour traiter les informations reçues par l'intermédiaire de la au moins une entrée et pour délivrer un décalage d'angle à appliquer à une valeur d'angle de la machine électrique.
- [0007] En outre, l'invention fournit un système de commande pour une machine électrique. Le système de commande comprend un contrôleur, par exemple pour délivrer un point

de consigne de tension basé sur un point de fonctionnement de la machine électrique. Le système de commande comprend également un module d'évaluation d'angle configuré pour déterminer une valeur d'angle de la machine électrique et le circuit d'adaptation d'angle tel que décrit ci-dessus.

- [0008] En conséquence, le module d'évaluation d'angle détermine la valeur d'angle de la machine électrique qui est adaptée au moyen du décalage d'angle appliqué, obtenant ainsi une valeur d'angle décalée. En fait, la valeur d'angle décalée peut être obtenue en ajoutant le décalage d'angle à la valeur d'angle. La valeur angulaire décalée est transmise au contrôleur qui, entre autres, traite la valeur angulaire décalée afin de déterminer le point de consigne de la tension pour la machine électrique.
- [0009] L'idée principale de l'invention est d'adapter activement l'angle en ajoutant le décalage d'angle, manipulant ainsi un point de consigne de courant. Le point de consigne de la tension peut être déterminé sur la base du point de consigne du courant. Par conséquent, la consigne de courant est activement manipulée au moyen de l'adaptation du décalage d'angle, qui est traitée par le contrôleur (de courant) du système de commande de la machine électrique. En fait, le contrôleur peut déterminer le point de consigne de la tension sur la base du point de consigne du courant manipulé.
- [0010] En d'autres termes, le contrôleur reçoit l'angle décalé (valeur) et le point de consigne du courant. Le contrôleur traite l'angle décalé ainsi que le point de consigne du courant, déterminant ainsi le point de consigne de la tension qui est entre autres utilisé pour commander l'onduleur, en particulier les commutateurs de puissance. En conséquence, l'adaptation du décalage d'angle entraîne une optimisation du point de fonctionnement, car le point de fonctionnement est activement décalé en raison du décalage d'angle appliqué à la valeur d'angle déterminée.
- [0011] Généralement, le décalage d'angle appliqué à l'angle déterminé peut donner lieu à un décalage d'angle adapté/décalé. En d'autres termes, l'angle déterminé est utilisé pour identifier un décalage d'angle qui est manipulé par le décalage d'angle déterminé par le circuit d'adaptation d'angle.
- [0012] Le décalage angulaire est déterminé sur la base des informations reçues, à savoir l'information du couple et/ou l'information de la vitesse de la machine électrique, est ajouté à la valeur angulaire de la machine électrique qui a été déterminée et/ou mesurée précédemment.
- [0013] En particulier, l'optimisation basée sur l'adaptation du décalage angulaire est utilisée pour des couples faibles et des valeurs de vitesse faibles et moyennes, par exemple dans une plage de +/- 500 Nm et/ou 0 - 600 tr/min, notamment +/- 300 Nm et/ou 0 - 400 tr/min ou plutôt 100 - 400 tr/min. Il faut comprendre que ces exemples de plages ne sont donnés qu'à titre d'illustration car ces plages sont très dépendantes de la

conception de la machine électrique. Ces plages se rapportent typiquement à un véhicule roulant avec compensation du frottement ou accélération/casse légère, où la machine électrique est toujours exploitée avec une stratégie de couple maximum par ampère (MTPA). En d'autres termes, l'adaptation de l'angle peut être limitée à de faibles valeurs de vitesse absolue et/ou de couple absolu. En fait, une faible sensibilité du décalage d'angle à la précision du couple est donnée dans cette gamme spécifique.

- [0014] Dès que le couple demandé ou le couple estimé quitte la plage de fonctionnement pertinente, l'adaptation du décalage angulaire est ramenée à zéro. Ainsi, une secousse soudaine due à un couple plus important en raison d'une transition vers la trajectoire MTPA est évitée. En outre, cela empêche également une secousse lors de la transition vers la trajectoire MTPV si le couple saute soudainement près de l'indice de modulation unitaire.
- [0015] Le couple résultant est réduit en raison de l'angle décalé. Cependant, cette réduction du couple n'est pas significative dans le point de fonctionnement souhaité puisque la marge de précision du couple dans ces points de fonctionnement à faible couple est absolue et importante par rapport aux autres points de fonctionnement, en particulier les points de fonctionnement à couple plus élevé. De plus, l'imprécision du couple ou plutôt le couple réduit sera compensé par un conducteur.
- [0016] En général, l'adaptation de l'angle, à savoir le décalage d'angle appliqué, déplace le point de fonctionnement du courant de la trajectoire MTPA plus proche de la trajectoire MTPL de couple maximal par perte, augmentant ainsi l'efficacité.
- [0017] Par rapport à une implémentation MTPL, les dépendances sont réduites, ce qui diminue la puissance de calcul globale requise.
- [0018] En fait, le circuit d'adaptation de l'angle ainsi que le système de commande sont adaptés pour être mis en œuvre dans un système embarqué automobile.
- [0019] En conséquence, on obtient une adaptation d'angle en ligne simplifiée qui est utilisée pour manipuler le point de consigne du contrôleur afin de maximiser l'efficacité de l'ensemble du système. En particulier, le circuit d'adaptation d'angle ainsi que le système de contrôle surmontent un manque d'efficacité dans les points de fonctionnement à faible vitesse/couple qui sont utilisés fréquemment pendant les cycles de conduite standard.
- [0020] L'au moins une entrée peut se rapporter à une interface, par exemple une interface de données, par laquelle les données/informations respectives sont obtenues et traitées.
- [0021] En général, l'onduleur fonctionne sur la base des points de consigne de courant et des points de consigne de tension qui définissent la commande de l'onduleur.
- [0022] Selon un aspect, l'au moins une entrée est en outre configurée pour recevoir des informations sur une tension de liaison CC et/ou des informations sur une température de la machine électrique. Par exemple, la température d'un aimant permanent de la

machine électrique est reçue via l'au moins une entrée. La température respective peut être mesurée ou plutôt estimée, par exemple par un observateur.

- [0023] Ainsi, le décalage angulaire est déterminé sur la base de différents types d'informations, à savoir des informations sur le couple, des informations sur la vitesse de la machine électrique, des informations sur la tension continue et/ou des informations sur la température de la machine électrique. Ces différents types d'informations sont traités par le circuit d'adaptation d'angle afin de déterminer le décalage d'angle à appliquer. Par conséquent, le décalage angulaire à appliquer peut être déterminé avec plus de précision, car différents types d'informations sont traités et pris en compte en conséquence. Par exemple, une adaptation en fonction de la température a lieu en prenant également en compte l'information de la température de la machine électrique, car les pertes fer (courants de Foucault et pertes par hystérésis) dépendent de la température de la machine électrique.
- [0024] En général, l'adaptation du décalage d'angle, c'est-à-dire l'application du décalage d'angle, entraîne une manipulation de la consigne de courant traitée par le contrôleur, ce qui conduit à une réduction des pertes de fer.
- [0025] Selon un autre aspect, l'information du couple correspond à un couple réel estimé et/ou à une consigne de couple d'entrée. En d'autres termes, l'information du couple peut se rapporter à un couple demandé (consigne de couple) ou plutôt à un couple réel estimé par un observateur de couple. Le circuit d'adaptation d'angle peut recevoir à la fois le couple réel estimé et le point de consigne du couple d'entrée.
- [0026] Selon un autre aspect, le module d'adaptation comprend une table de consultation (LUT) qui relie les informations reçues par l'intermédiaire de la au moins une entrée au décalage d'angle. En conséquence, la table de consultation garantit que le décalage d'angle peut être déterminé d'une manière facile et simple, car les informations reçues sont vérifiées avec les entrées de la table de consultation afin de déterminer le décalage d'angle correspondant à appliquer. En d'autres termes, la table de consultation comprend des informations associées aux points de fonctionnement, par exemple le couple et/ou la vitesse, et les décalages d'angle correspondants.
- [0027] En outre, une interpolation linéaire peut avoir lieu entre les points d'opération de sorte qu'un décalage angulaire peut être déterminé même si la table de consultation ne comprend pas d'entrée de décalage angulaire pour une certaine constellation.
- [0028] La table de consultation (et la technique d'interpolation) permet de minimiser les capacités de calcul, de sorte que l'implémentation du circuit d'adaptation d'angle est simple. En fait, il nécessite de faibles capacités de traitement et de mémoire. De plus, la consommation de mémoire est globalement réduite.
- [0029] Le module d'adaptation peut comprendre un module de filtrage qui est configuré pour filtrer un décalage d'angle pré-adapté, obtenant ainsi le décalage d'angle. Le module de

filtrage peut éviter les sauts soudains dans l'angle décalé. Pour filtrer le décalage angulaire pré-adapté, le module de filtrage peut appliquer une fonction de filtrage. La fonction de filtrage peut prendre en compte le décalage angulaire précédent. Cela garantit une transition en douceur du décalage angulaire, évitant ainsi les pics de courant qui pourraient se produire si l'angle décalé sautait. La fonction de filtrage peut également tenir compte de la température de la machine électrique et/ou de la tension du circuit intermédiaire, en particulier de tous les types d'informations saisies par l'intermédiaire de la ou des entrées.

- [0030] En outre, le circuit d'adaptation d'angle peut être un circuit complémentaire qui est configuré pour être mis en œuvre dans un système de commande de la machine électrique. Ainsi, le circuit d'adaptation d'angle a une interface qui peut être connectée à un système de commande déjà existant de sorte que le système de commande déjà existant est étendu par le circuit d'adaptation d'angle. Ainsi, une fonctionnalité relative à l'adaptation du décalage angulaire est ajoutée au système de commande déjà existant. Les fonctionnalités d'un système de commande déjà existant pour la machine électrique peuvent être étendues grâce au circuit d'adaptation.
- [0031] Un aspect prévoit que le module d'évaluation d'angle et le circuit d'adaptation d'angle sont connectés l'un à l'autre dans un noeud qui est configuré pour traiter la valeur d'angle déterminée au moyen du module d'évaluation d'angle et le décalage d'angle sorti au moyen du circuit d'adaptation d'angle, déterminant ainsi un angle décalé. L'angle (valeur) respectif est adapté de manière à obtenir la valeur d'angle décalée qui est transmise au contrôleur. En fait, un décalage déjà existant peut être modifié en raison du décalage d'angle déterminé et appliqué à l'angle.
- [0032] En particulier, le noeud est connecté au contrôleur de telle sorte que le contrôleur est configuré pour recevoir la valeur d'angle décalée, décalant ainsi le point de fonctionnement de la machine électrique. Le point de fonctionnement est activement décalé sur la base du décalage d'angle déterminé par le circuit d'adaptation d'angle. Comme discuté ci-dessus, le décalage d'angle est déterminé sur la base de différents types d'informations.
- [0033] Le module d'évaluation d'angle peut être un capteur d'angle configuré pour mesurer un angle réel de la machine électrique ou un observateur d'angle configuré pour estimer un angle réel de la machine électrique. Par conséquent, la valeur d'angle respective qui est adaptée par le décalage d'angle émis par le circuit d'adaptation d'angle peut être mesurée ou estimée. Cela dépend du type respectif de module d'évaluation d'angle.
- [0034] En général, le système de commande, en particulier le régulateur de courant et les modules de détermination du point de consigne, continue de fonctionner avec la méthode connue consistant à appliquer la plus petite quantité de courant pour générer

le couple souhaité, à savoir MPTA.

- [0035] Le circuit d'adaptation d'angle observe une consigne de couple d'entrée, un couple réel et/ou une vitesse de machine électrique. En option, le circuit d'adaptation d'angle observe également la température de l'aimant permanent de la machine électrique et/ou la tension du circuit intermédiaire.
- [0036] Sur la base des paramètres observés, le module d'adaptation accède à la table de consultation pour générer le décalage angulaire qui est ajouté à la valeur angulaire déterminée, c'est-à-dire mesurée ou plutôt estimée. Une adaptation du décalage angulaire a donc lieu.
- [0037] Le module d'adaptation peut générer le décalage d'angle en interpolant les décalages d'angle stockés dans la table de consultation. En fait, cela dépend du point opérationnel associé aux paramètres observés.
- [0038] D'autres aspects et avantages de l'objet revendiqué seront plus facilement appréciés au fur et à mesure qu'ils seront mieux compris par référence à la description suivante, en liaison avec les dessins qui l'accompagnent. Dans les dessins,
- [0039] La [Fig.1] montre une vue d'ensemble d'un système de commande selon l'invention, et
- [0040] La [Fig.2] montre un aperçu d'un circuit d'adaptation d'angle selon l'invention qui est mis en œuvre dans le système de commande de la [Fig.1].
- [0041] Sur la [Fig.1], on voit un système 10 qui comprend un système de commande 12 pour une machine électrique 14 qui est alimentée par un onduleur 16 situé entre la machine électrique 14 et le système de commande 12.
- [0042] Le système de commande 12 est généralement configuré pour commander les commutateurs de puissance individuels de l'onduleur 16 afin de commander la machine électrique 14, par exemple l'alimentation des enroulements individuels de la machine électrique 14. La commande est basée sur différents points de consigne, notamment des points de consigne de tension et des points de consigne de courant.
- [0043] Le système de commande 12 comprend un module de détermination de la consigne de courant 18 qui a au moins une entrée 20 par laquelle le module de détermination de la consigne de courant 18 reçoit des informations sur un couple, des informations sur une vitesse de la machine électrique 14, des informations sur une température de la machine électrique 14 et/ou des informations sur une tension du circuit intermédiaire.
- [0044] Le module de détermination du point de consigne de courant 18 peut traiter ces différents types d'informations afin de déterminer un point de consigne de courant qui est délivré via une sortie 22. Le traitement peut être basé sur une mise en œuvre de couple maximum par ampère (MTPA) ou de couple maximum par flux (MTPF).
- [0045] Le système de commande 12 comprend en outre un contrôleur de courant 24 qui est connecté à un module de détermination du point de consigne de courant 18. Le

contrôleur de courant 24 reçoit la consigne de courant par une entrée 26 qui est connectée à la sortie 22 du module de détermination de la consigne de courant 18.

- [0046] Le contrôleur de courant 24 est configuré pour traiter le point de consigne de courant reçu via l'entrée 26 afin de déterminer un point de consigne de tension qui est émis via une sortie 28. Le point de consigne de tension peut être déterminé sur la base du point de consigne de courant et des informations concernant un angle de la machine électrique 14, comme cela sera décrit ultérieurement de manière plus détaillée.
- [0047] La consigne de tension délivrée par le contrôleur de courant 24 via sa sortie 28 est transmise à un module de modulation de tension 30 qui traite la consigne de tension, déterminant ainsi les cycles de service pour les différents commutateurs de puissance de l'onduleur 16. Le fonctionnement de la machine électrique 14 est commandé en conséquence.
- [0048] Le système de commande 12 comprend en outre un module d'évaluation de courant 32 configuré pour mesurer les valeurs de courant, en particulier les valeurs de courant alternatif (AC) délivrées par l'onduleur 16 qui sont transmises à la machine électrique 14 à des fins de fonctionnement, en particulier les enroulements de la machine électrique 14.
- [0049] En outre, le système de commande 12 comprend un module d'évaluation d'angle 34 qui est configuré pour déterminer une valeur d'angle de la machine électrique 14, notamment de son rotor.
- [0050] Le module d'évaluation d'angle 34 peut être un capteur d'angle qui mesure l'angle réel de la machine électrique 14. En variante, le module d'évaluation d'angle 34 est un observateur d'angle qui estime un angle réel de la machine électrique 14.
- [0051] Dans tous les cas, une valeur angulaire est obtenue par le module d'évaluation d'angle 34 qui correspond à la valeur angulaire réelle de la machine électrique 14. Ainsi, un décalage réel peut être dérivé de la valeur angulaire déterminée.
- [0052] En outre, le système de commande 12 comprend un circuit d'adaptation d'angle 36 qui est un circuit supplémentaire. Le circuit d'adaptation d'angle 36 peut être utilisé pour étendre un système de commande déjà existant, à savoir un système de commande qui comprend les composants respectifs décrits ci-dessus.
- [0053] Le circuit d'adaptation d'angle 36 comporte une entrée 38 par laquelle le circuit d'adaptation d'angle 36 reçoit une information de couple, une information de vitesse de la machine électrique 14, une information de tension de liaison continue et/ou une information de température de la machine électrique 14, notamment la température d'un aimant permanent de la machine électrique 14. Comme illustré sur la [Fig.1], le circuit d'adaptation angulaire 36 peut recevoir une information d'un couple réel estimé et une information d'une consigne de couple d'entrée.
- [0054] Généralement, le circuit d'adaptation d'angle 36 est capable de traiter les informations

entrées afin de déterminer un décalage d'angle délivré via sa sortie 40, dans lequel le décalage d'angle est appliqué à la valeur d'angle de la machine électrique 14 qui est délivrée par le module d'évaluation d'angle 34.

- [0055] Comme illustré sur la [Fig.1], le système de commande 12 comprend un nœud 42 qui traite à la fois la valeur d'angle délivrée par le module d'évaluation d'angle 34 et le décalage d'angle délivré par le circuit d'adaptation d'angle 36. En particulier, le décalage angulaire est ajouté à la valeur angulaire.
- [0056] Ainsi, la valeur d'angle déterminée est décalée en raison du décalage d'angle ajouté, ce qui permet d'obtenir un angle (valeur) décalé.
- [0057] L'angle décalé (valeur) est transmis au contrôleur de courant 24, en particulier à une entrée de rétroaction 44.
- [0058] Le régulateur de courant 24 traite également l'angle décalé (valeur) afin de déterminer le point de consigne de la tension.
- [0059] En conséquence, le point de consigne de tension est déterminé par le contrôleur de courant 24 sur la base de l'angle décalé (valeur) obtenu par le module d'évaluation d'angle 34 et le circuit d'adaptation d'angle 36 qui fournit le décalage d'angle qui est appliqué à la valeur d'angle de la machine électrique 14. Par conséquent, le point de fonctionnement de la machine électrique 14 est activement décalé en raison de l'adaptation du décalage angulaire, optimisant ainsi le fonctionnement de la machine électrique 14, en particulier pour les faibles couples et/ou les vitesses faibles et moyennes.
- [0060] Le système de commande 12 comprend en outre un module de transformation 45, par exemple un module de transformation Park-Clarke, également appelé module de transformation d/q.
- [0061] Le module de transformation 45 traite la valeur de l'angle décalé et une information de courant délivrée par le module d'évaluation de courant 32, en particulier une valeur de courant de phase, afin de fournir des valeurs de courant réelles dans un système de coordonnées différent, par exemple un système de coordonnées basé sur deux axes, à savoir d et q.
- [0062] Ces valeurs de courant sont transmises au contrôleur de courant 24 qui traite également ces informations afin de déterminer la consigne de tension délivrée par sa sortie 28.
- [0063] Sur la [Fig.2], le circuit d'adaptation d'angle 36 est montré plus en détail.
- [0064] Le circuit d'adaptation d'angle 36 comprend un module d'adaptation 46 qui traite l'information reçue par l'intermédiaire de l'au moins une entrée 38 et pour sortir par l'intermédiaire de la sortie 40 le décalage d'angle qui est appliqué à la valeur d'angle de la machine électrique 14, obtenant ainsi une adaptation d'angle.
- [0065] Le module d'adaptation 46 comprend une table de consultation 47 qui traite une in-

formation de couple, notamment le couple estimé, et une information de vitesse de la machine électrique 14.

- [0066] Sur la base de ces informations, la table de consultation 47 fournit un décalage angulaire pré-adapté ("gamma\_angle\_adaption\_unfilt") qui est ensuite traité par un module de filtrage 48 afin d'obtenir le décalage angulaire ("gamma\_angle\_adaption") qui est utilisé pour l'adaptation de l'angle.
- [0067] Ainsi, la table de consultation 47 associe l'information reçue via l'entrée 38 à un décalage angulaire, notamment le décalage angulaire pré-adapté.
- [0068] En outre, la [Fig.2] montre que le décalage angulaire pré-adapté est obtenu en traitant une information de température de la machine électrique 14, notamment une température du rotor et/ou une température de l'aimant permanent, ainsi qu'une information de tension du circuit intermédiaire.
- [0069] Le circuit d'adaptation d'angle 36 comprend un module de détermination d'état 50 qui reçoit les informations relatives à la vitesse de la machine électrique 14, les informations relatives à la température de la machine électrique 14 et les informations relatives à la tension du circuit intermédiaire sur la base desquelles l'état respectif est déterminé, par exemple un état MTPA/MTPV. L'état respectif peut correspondre à "0" ou "1", ce qui garantit que l'adaptation de l'angle n'a lieu que dans certaines plages de points de fonctionnement.
- [0070] L'état déterminé ainsi que l'information de température obtenue sont ensuite traités par les composants 52, 54, 56, notamment les multiplicateurs.
- [0071] En général, le circuit d'adaptation d'angle 36 fournit un décalage d'angle qui est appliqué à la valeur d'angle déterminée pour la machine électrique 14, en particulier le rotor de la machine électrique 14, afin de décaler l'angle en conséquence, obtenant ainsi l'angle (valeur) décalé. En particulier, un décalage déjà déterminé de l'angle respectif est décalé. L'angle décalé est traité par le système de commande 12, à savoir le contrôleur de courant 24. En conséquence, le point de fonctionnement de la machine électrique 14 est activement décalé en raison de l'adaptation du décalage de l'angle afin d'optimiser le fonctionnement de la machine électrique 14 pour les faibles couples et/ou les vitesses faibles et moyennes.

## Revendications

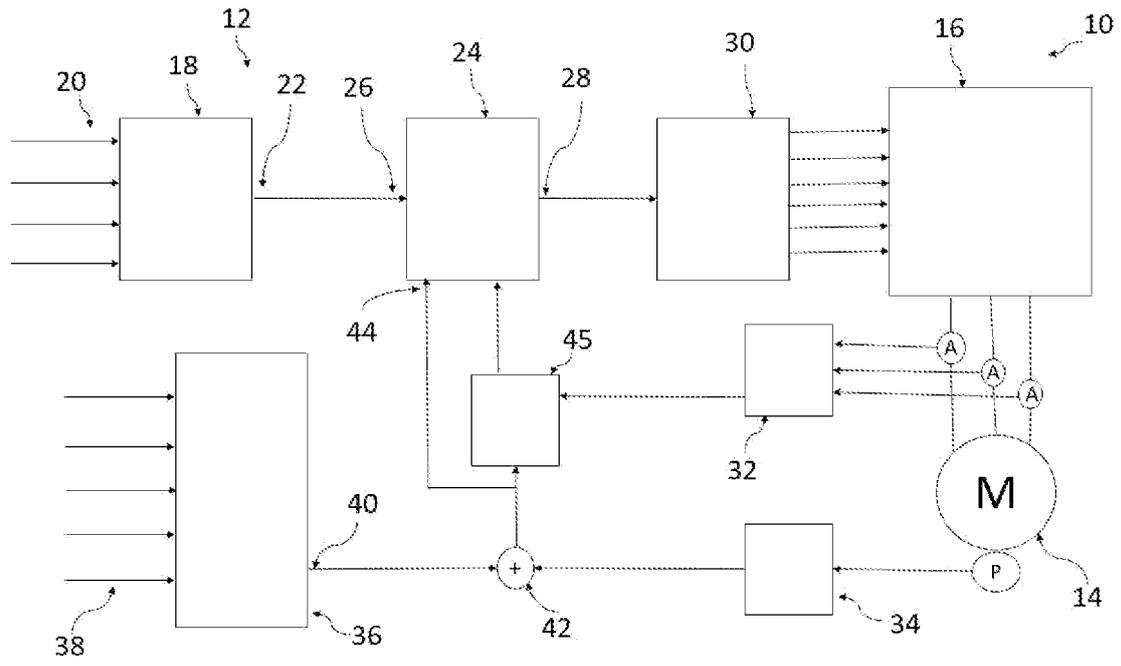
- [Revendication 1] Circuit d'adaptation d'angle (36) pour décaler un angle utilisé par un système de commande (12) d'une machine électrique (14), dans lequel le circuit d'adaptation d'angle (36) comprend au moins une entrée (38) pour recevoir des informations d'un couple et/ou des informations d'une vitesse de la machine électrique (14), dans lequel le circuit d'adaptation d'angle (36) comprend un module d'adaptation (46) connecté à l'au moins une entrée (38), dans lequel le module d'adaptation (46) est configuré pour traiter les informations reçues via l'au moins une entrée (38) et pour sortir un décalage d'angle à appliquer à une valeur d'angle de la machine électrique (14).
- [Revendication 2] Circuit d'adaptation d'angle (36) selon la revendication 1, dans lequel l'au moins une entrée (38) est en outre configurée pour recevoir une information d'une tension de liaison continue et/ou une information d'une température de la machine électrique (14), en particulier la température d'un aimant permanent de la machine électrique (14).
- [Revendication 3] Circuit d'adaptation d'angle (36) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'information du couple correspond à un couple réel estimé et/ou à une consigne de couple d'entrée.
- [Revendication 4] Circuit d'adaptation d'angle (36) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le module d'adaptation (46) comprend une table de consultation (47) qui relie l'information reçue via l'au moins une entrée (38) au décalage angulaire.
- [Revendication 5] Circuit d'adaptation d'angle (36) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le module d'adaptation (46) comprend un module de filtrage (48) qui est configuré pour filtrer un décalage angulaire pré-adapté, obtenant ainsi le décalage angulaire.
- [Revendication 6] Circuit d'adaptation d'angle (36) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le circuit d'adaptation d'angle (36) est un circuit additionnel configuré pour être mis en œuvre dans un système de commande de la machine électrique (14).
- [Revendication 7] Système de commande (12) pour une machine électrique (14), le système de commande (12) comprend un contrôleur (24), un module d'évaluation d'angle (34) configuré pour déterminer une valeur d'angle de la machine électrique (14) et le circuit d'adaptation d'angle (36) selon l'une quelconque des revendications précédentes.
- [Revendication 8] Système de commande (12) selon la revendication 7, dans lequel le

module d'évaluation d'angle (34) et le circuit d'adaptation d'angle (36) sont connectés l'un à l'autre dans un noeud (42) qui est configuré pour traiter la valeur d'angle déterminée au moyen du module d'évaluation d'angle (34) et le décalage d'angle sorti au moyen du circuit d'adaptation d'angle (36), déterminant ainsi une valeur d'angle décalée.

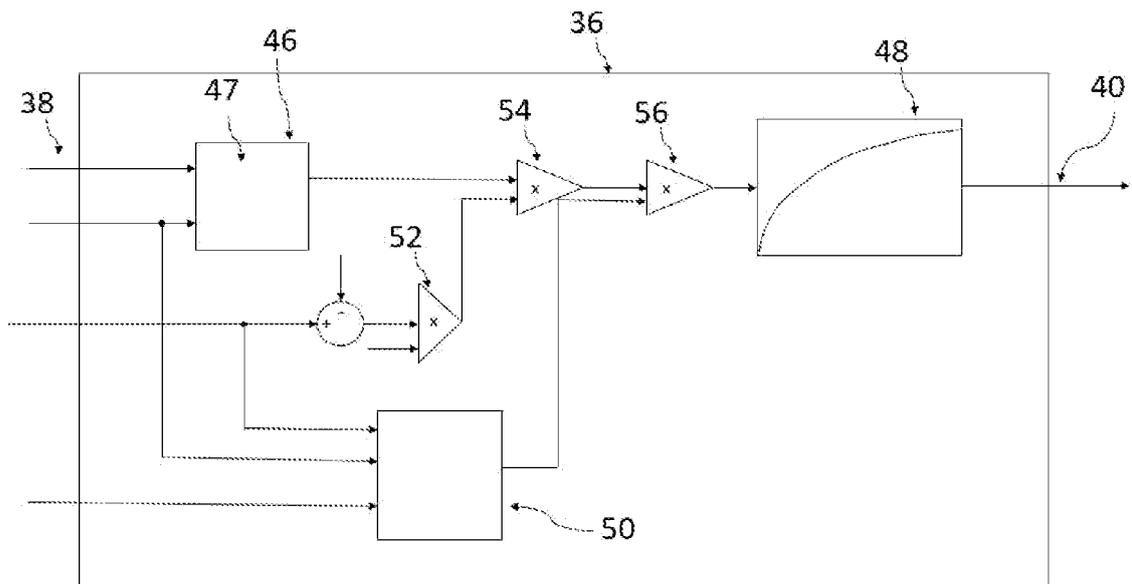
[Revendication 9] Système de commande (12) selon la revendication 8, dans lequel le noeud est connecté au contrôleur (24) de sorte que le contrôleur (24) est configuré pour recevoir la valeur d'angle décalée, décalant ainsi le point de fonctionnement de la machine électrique (14).

[Revendication 10] Système de commande (12) selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans lequel le module d'évaluation d'angle (34) est un capteur d'angle configuré pour mesurer un angle réel de la machine électrique (14) ou dans lequel le module d'évaluation d'angle (34) est un observateur d'angle configuré pour estimer un angle réel de la machine électrique (14).

[Fig. 1]



[Fig. 2]





**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2214120 FA 915485**

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 **10-07-2023**  
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
<b>GB 2532143</b>	<b>A</b>	<b>11-05-2016</b>	<b>AUCUN</b>	
-----				
<b>CN 111682818</b>	<b>A</b>	<b>18-09-2020</b>	<b>AUCUN</b>	
-----				
<b>KR 20170060638</b>	<b>A</b>	<b>02-06-2017</b>	<b>AUCUN</b>	
-----				
<b>US 2012217916</b>	<b>A1</b>	<b>30-08-2012</b>	<b>AU 2012223687 A1</b>	<b>12-09-2013</b>
			<b>BR 112013022024 A2</b>	<b>29-11-2016</b>
			<b>CN 103891129 A</b>	<b>25-06-2014</b>
			<b>EP 2686949 A2</b>	<b>22-01-2014</b>
			<b>JP 2014515245 A</b>	<b>26-06-2014</b>
			<b>US 2012217916 A1</b>	<b>30-08-2012</b>
			<b>WO 2012118590 A2</b>	<b>07-09-2012</b>
-----				
<b>US 2022399844</b>	<b>A1</b>	<b>15-12-2022</b>	<b>US 2022399844 A1</b>	<b>15-12-2022</b>
			<b>WO 2022265986 A1</b>	<b>22-12-2022</b>
-----				