

Parvenir à une haute précision du mouvement en utilisant des servomoteurs sans boîtier

Certaines applications de mouvement nécessitent seulement un mouvement « relativement bon ». De nombreuses autres exigent un niveau de précision très pointu. D'autres applications encore imposent une haute précision. Dans ce dernier cas, les servomoteurs sans boîtier à accouplement direct constituent souvent le meilleur choix.

Ces applications de haute précision comprennent des vérins compacts utilisés dans des applications d'automatisation générales de haut niveau, des cardans compacts permettant de stabiliser les plateformes de détection et de communications, les postes de travail robotisés, les machines-outils de précision ou toute autre application dans laquelle une résolution de 18 bits ou supérieure peut être requise pour obtenir un positionnement hautement reproductible.

Dans les usines, par exemple, l'intervention humaine dans les processus automatisés était autrefois nécessaire pour déplacer les pièces d'une cellule de travail à une autre et les positionner dans une séquence de dispositifs de précision. Ces opérations peuvent désormais être réalisées beaucoup plus vite avec des robots collaboratifs qui peuvent nécessiter 6 à 7 degrés de liberté. Les axes positionnés le long du bras du robot doivent produire le couple nécessaire pour déplacer, soutenir et stabiliser le reste de l'assemblage et une précision absolue est indispensable pour éviter une accumulation d'erreurs de positionnement qui pourraient entraîner des mises au rebut ou des interruptions d'activité indésirables.

On peut aussi penser à un système de cardans qui stabilise et positionne un système d'imagerie électro-optique/infrarouge, tel qu'utilisé par exemple pour fournir une perception situationnelle et un ciblage précis dans les applications d'aérospatiale et de défense. Le cardan est un support mobile qui permet une rotation du capteur EO/IR autour d'un axe, avec des degrés de liberté supplémentaires obtenus en combinant ou en imbriquant deux ou plusieurs cardans dont les axes de rotation sont séparés de 90°. Les moteurs qui entraînent ces systèmes doivent réagir de façon immédiate et précise pour maintenir une image stable malgré les secousses extrêmes qui se produisent au cours d'un vol à grande vitesse.

Il existe bien d'autres exemples d'applications qui dépendent de l'aptitude à produire un couple élevé, une accélération/décélération réactive et une précision absolue dans un format compact. Les moteurs sans boîtier à accouplement direct constituent souvent le choix idéal pour ces applications.

Pourquoi sans boîtier ?

Si vous parvenez à trouver un moteur logé qui convient à votre application, il s'agit généralement du meilleur choix. En dehors des applications qui ont des besoins spécialisés, comme une conception ultra-compacte, une précision extrême et une réactivité du mouvement, ou lorsqu'il faut protéger le moteur contre des conditions environnementales difficiles qui risqueraient de l'endommager, un moteur sans boîtier constitue souvent une meilleure solution.

Les moteurs sans boîtier sont précis et efficaces

Dans une application à entraînement direct, il n'y a pas de compliance mécanique, de jeu ni de mouvement perdu. Même lorsqu'on utilise un réducteur, les moteurs sans boîtier sont les mieux adaptés à une utilisation avec des conceptions à jeu nul ou faible comme les réducteurs harmoniques (ondes de déformation) et trains d'engrenages planétaires et cycloïdaux. Dotés de la plus forte densité de couple, les moteurs sans boîtier offrent le moyen le plus écoénergétique pour répondre aux besoins de votre application en termes de couple et de vitesse.

Les moteurs sans boîtier sont très compacts

Les ensembles de moteurs sans boîtier se composent uniquement d'un stator et d'un rotor. Tous les autres composants habituels d'un servomoteur traditionnel — le boîtier, les têtes de câble, les roulements, l'arbre de sortie et les connecteurs — sont dans ce cas intégrés au mécanisme de l'application. L'intégration d'un moteur sans boîtier à ce concept de mécanisme vous permet d'obtenir le dispositif le moins encombrant possible sans compromettre la performance.

Les moteurs sans boîtier peuvent offrir une résilience supérieure aux conditions environnementales.

Dans la mesure où les moteurs sans boîtier sont directement intégrés à l'application, ils peuvent être protégés des facteurs environnementaux par leur conception. Dans les applications de nettoyage, par exemple, un moteur sans boîtier peut être intégré de manière à n'être jamais en contact avec les liquides de pression. Dans le cas d'un système de propulsion sous-marin, le moteur peut être scellé dans un boîtier à pression compensée rempli d'huile. Dans les environnements de vide poussé et à rayonnements intenses, on peut utiliser des matériaux spécialisés pour éviter le dégazage ou la dégradation de l'isolation.

Les moteurs sans boîtier sont disponibles dans un large éventail de tailles, de formes et de caractéristiques de performance

Les ingénieurs concepteurs peuvent facilement optimiser le dimensionnement de l'application par rapport aux caractéristiques de performance requises. Par exemple, les différentes gammes de produits sans boîtier de Kollmorgen offrent à la fois des formats servomoteur (plus longs dans le sens axial) et moteur-couple (plus courts dans le sens axial) dans des diamètres standard allant de quelques centimètres à près d'un mètre. La tension des bus varie de ≤ 48 VCC à 680 VCC (480 VCA corrigée). Les capacités de couple continu varient d'une fraction à plusieurs milliers de Nm.

Avec toutes ces options, les ingénieurs concepteurs peuvent calculer la masse qu'ils ont besoin de déplacer, la durée, l'application et les contraintes d'espace, ainsi que les éventuelles difficultés environnementales. Ces informations leur permettront ensuite de déterminer la gamme de produits et le format idéal pour l'application.



Intégration de moteurs sans boîtier à votre application

Tel que mentionné précédemment, un kit de moteur sans boîtier se compose uniquement d'un stator et d'un rotor. Tous les autres composants normalement associés à un servomoteur logé doivent être intégrés au mécanisme de l'application. Voici certaines des considérations majeures à prendre en compte lors de la conception de ce mécanisme.

Boîtier

Contrairement à un moteur logé doté d'une bride de fixation qui est boulonnée à la machine, un stator sans boîtier est généralement collé dans un composant de la cavité cylindrique usinée qui sert de boîtier au moteur. Cela est monté dans la machine à proximité de l'arbre d'entraînement, ce qui permet la conception la plus compacte. Les moteurs sans boîtier Kollmorgen sont fournis avec un manuel d'installation détaillé qui couvre les tolérances d'usinage, les agents de fixation, les séquences d'assemblage et plus encore.

Pour garantir l'intégrité structurelle et dissiper correctement la chaleur, le boîtier est généralement fabriqué en acier ou en aluminium avec une épaisseur minimale de paroi de 4 à 6 mm. Il est important d'utiliser un matériau de boîtier apte à éloigner efficacement la chaleur du moteur, c'est pourquoi ces matériaux sont privilégiés. Notez que l'acier inoxydable possède une conductivité thermique médiocre et qu'il est préférable de l'éviter ou de l'utiliser dans des constructions de grande taille appropriées pour respecter les bonnes pratiques des applications de conception de machines.

Kollmorgen fournit un riche ensemble d'outils de conception. Les clients peuvent utiliser notre générateur de courbe de performance de moteur sans boîtier pour avoir un aperçu des détails de vitesse et de couple de moteur disponibles dans un large éventail de conditions thermiques spécifiées. Cela permet aux ingénieurs de dimensionner correctement les moteurs pour chaque application et aide aussi à comprendre les exigences de conception des dimensions du boîtier du stator ainsi que les considérations thermiques pour les composants étroitement montés tels que les roulements, les engrenages et les capteurs d'asservissement.

Sachez aussi que certains moteurs sans boîtier sont conçus pour fonctionner correctement à une température de bobinage nettement inférieure à leur température maximale d'utilisation. Par exemple, la gamme TBM2G fournit une performance exceptionnelle sans dépasser 85 °C, mais elle est également capable de conserver sa pleine performance jusqu'à une température de bobinage de 155 °C en continu.



Capteurs thermiques

Dans la phase de conception d'application et de prototypage, il est souvent utile d'utiliser un **capteur thermique linéaire** pour faire en sorte que votre moteur puisse produire le couple continu requis sans dépasser une température de bobinage acceptable.

N'oubliez pas qu'un moteur qui fonctionne à sa température de bobinage maximale — par exemple, 155 °C — peut provoquer des dommages thermiques aux composants sensibles situés à proximité, tels que les lubrifiants des roulements et des engrenages et les systèmes électroniques du capteur d'asservissement. Une hausse excessive de la chaleur peut aussi endommager le matériau traité par l'application s'il est thermiquement sensible.

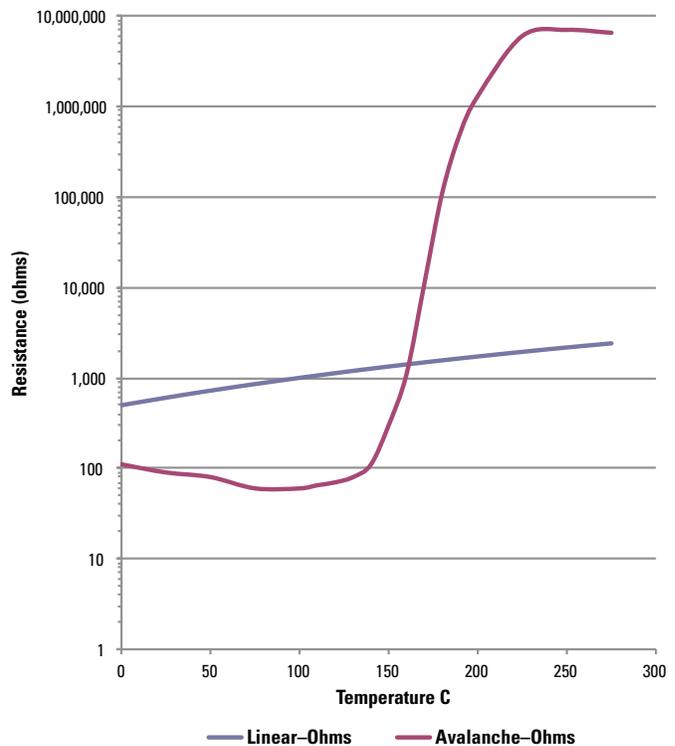
Un capteur thermique linéaire comme le PT1000 largement utilisé peut fournir les informations dont vous avez besoin pour corréliser les niveaux de performance de l'application et la température de bobinage effectivement constatée sur le moteur. Ces données peuvent être comparées à d'autres éléments de machine critiques sur le plan thermique dans l'application. Vous constaterez peut-être qu'il est possible de pousser en toute sécurité votre machine jusqu'à des niveaux de performance avec une sélection de moteurs donnée, ou que vous pouvez obtenir la performance recherchée avec un moteur plus petit.

Dans la conception finale, il peut être avantageux d'intégrer un **PTC ou un capteur thermique de type « avalanche »**. Un capteur de coefficient de température positive est un dispositif résistif simple qui modifie rapidement la valeur de résistance lorsque la température dépasse un point défini, comme la limite de conception de température maximale continue pour les bobinages de moteur. La plupart des applications de production n'ont pas besoin du niveau de détail fourni par un capteur thermique linéaire sauf si une fonction spécialisée l'exige. Toutefois, un appareil PTC simple connecté au variateur peut prendre en charge différentes actions correctrices en cas de surchauffe.

Arbre et roulements

Un moteur logé classique contient des roulements internes qui permettent au moteur de tourner librement. Ces roulements n'ont pas pour objet de supporter la charge, de sorte qu'un ou plusieurs autres jeux de roulements externes au moteur doivent être intégrés à l'application à cette fin.

Un ensemble de moteur sans boîtier ne possède ni arbre, ni roulements. La conception de l'application comprend en fait son propre arbre de sortie. Les roulements placés sur l'arbre soutiennent à la fois le rotor et la charge. Il n'est pas nécessaire de modifier la conception globale de la machine pour adapter un moteur sans boîtier spécifique. Le concepteur de la



Courbe de réponse du capteur linéaire par rapport au capteur thermique PTC (« avalanche »)

Par exemple, si un moteur commence à surchauffer et à travailler trop, le système de contrôle peut être programmé pour produire une alerte, réduire le courant jusqu'à ce que le moteur refroidisse ou suivre une séquence de ralentissement/arrêt, selon ce qui est le plus logique pour la santé et la productivité ou pour l'application et son processus. Un PTC fournit un élément de protection facile à mettre en œuvre et économique dans la conception de votre système de contrôle.

machine comprend déjà les exigences du mécanisme en termes de charge sur les roulements et doit simplement trouver un point sur l'arbre où monter le rotor à ajouter. En fonction de l'emplacement de ce rotor, l'élément du boîtier est conçu dans la machine pour soutenir le stator.

En d'autres termes, votre conception intègre la conception existante d'arbre et de roulements requise pour réaliser une tâche spécifique et il vous suffit d'adapter les éléments du rotor et du stator de manière appropriée sur cet arbre existant. N'oubliez pas que la rotation du rotor n'introduit pas de force de charge axiale ou radiale majeure sur les roulements.

Cela signifie que les roulements de l'arbre soutiennent le rotor sans boîtier en plus de la charge, mais n'ont pas besoin d'être spécifiés dans l'optique du moteur. Sélectionnez et dimensionnez vos roulements en fonction des forces axiale et radiale que l'arbre de la machine rencontrera en déplaçant la charge. L'utilisation d'un moteur sans boîtier plutôt qu'un moteur logé devrait être sans effet sur les roulements d'arbre que vous spécifiez.

Capteur d'asservissement

Comme pour tout système de servomoteur sans balais, un capteur d'asservissement qui indique la position du rotor est utilisé pour contrôler le délai et le séquençage de l'amplificateur qui contrôle de manière électronique la puissance du moteur. Dans sa forme la plus simple, ce signal de commutation peut être fourni par un groupe de capteurs magnétiques appelés capteurs à effet Hall qui peuvent être proposés en tant qu'option standard avec le jeu de pièces du moteur sans boîtier.

Une autre option consiste à fournir un feedback de position pour un système de contrôle en boucle fermée en utilisant un capteur incrémentiel qui intègre des pistes de sortie à effet Hall. Pour les environnements hostiles où les chocs sont nombreux et qui risquent d'endommager un codeur optique, un résolveur fournit une alternative de feedback de positionnement absolu robuste et fiable, même si la résolution est plus faible avec généralement 12 à 16 bits.

Le codeur absolu constitue souvent la meilleure solution, utilisée dans la plupart des applications de moteur sans boîtier. Il fournit la résolution de 18 bits ou supérieure requise pour les systèmes d'automatisation qui exigent la plus haute précision. L'utilisation d'un codeur absolu élimine également la nécessité d'un appareil distinct à effet Hall, permettant au variateur de toujours connaître la position exacte du rotor, même au démarrage du système.



Réducteur

Les moteurs sans boîtier sont idéaux pour les applications d'entraînement direct. Toutefois, lorsqu'il est souhaitable d'augmenter le couple tout en réduisant la vitesse, ces moteurs peuvent aussi être utilisés avec un réducteur harmonique compact sans jeu et avec des réducteurs cycloïdaux, droits et planétaires. Ces ensembles de réducteurs maintiennent une précision extrême tout en permettant une multiplication élevée du couple dans un format compact.

Par exemple, l'utilisation d'un réducteur harmonique avec un ratio de réduction typique de 100:1, l'inertie de la charge reflétée sur l'arbre du moteur est réduite du carré du ratio, soit d'un facteur de 10 000, tout en affectant à peine les dimensions générales de la conception de l'application.

Ces considérations peuvent être importantes lorsque, par exemple, vous avez besoin du couple nécessaire pour accélérer une charge substantielle sans hésitation, ou lorsque vous souhaitez atteindre un couple spécifique tout en utilisant un moteur plus petit. Il est indispensable de comprendre l'effet du réducteur à engrenages pour dimensionner le moteur. Les ingénieurs Kollmorgen mettent à votre service leur expérience pour vous aider à faire le meilleur choix.

Freins

Certaines applications ont besoin de freins électromagnétiques ou mécaniques. Dans les applications verticales, par exemple, la gravité est un composant de la charge qui pourrait provoquer la chute de la charge ou la déplacer par rapport à la position attendue en cas d'interruption inattendue de la puissance du moteur.

Une autre utilisation des freins consiste à préserver l'intégrité de la position de la charge lorsque le moteur est coupé intentionnellement. Par exemple, une plateforme stabilisée comme un cardan de capteur UAV peut bénéficier de freins pour empêcher tout mouvement de la charge lorsque l'appareil est en vol, mais que le capteur n'est pas nécessaire.

Les freins peuvent être fournis en tant que composant intégral de nombreux moteurs à boîtier. Toutefois, avec un moteur sans boîtier, ils doivent être ajoutés à l'arbre d'entraînement principal du mécanisme.

Conception manufacturable

Il peut être beaucoup trop facile de concevoir et de construire un prototype répondant aux exigences de votre application en termes de performance, tout en négligeant le besoin de performance optimale dans l'usine et sur le marché. Pour minimiser le risque et optimiser les chances de réussite, imaginez que vous avez besoin de composants issus d'une source fiable, d'un processus d'assemblage facile et d'une conception simple à entretenir si nécessaire.

Lors de la conception de votre application, pensez au processus de fabrication, à l'ordre d'assemblage et au coût total. Par exemple, en raison des forces magnétiques importantes qui interviennent parfois, demandez-vous si vous aurez besoin de dispositifs spéciaux pour installer en toute sécurité le rotor à aimant permanent et l'arbre à proximité du boîtier du stator dans l'assemblage de la machine.

Si vous prévoyez que l'application sera soumise à des charges extrêmes sur les roulements radiaux qui pourraient raccourcir la vie utile typique des roulements d'arbre de la machine, vous pouvez souhaiter intégrer un moyen de démontage pour faciliter le remplacement des roulements, tout en minimisant le coût et la complexité de l'intégration du moteur sans boîtier. Ces concepts subtils font généralement partie du schéma de durabilité de la machine qui fait partie du processus standard d'examen de la conception par les ingénieurs de Kollmorgen.

En tenant compte de ces facteurs et d'autres dès le début de votre processus de conception, vous pourrez éviter les dépassements de coûts, faire en sorte que votre processus de fabrication puisse suivre la demande et améliorer considérablement vos perspectives d'acceptation sur le marché.

Obtenez l'aide et le soutien dont vous avez besoin

La conception et la fabrication d'une application intégrant des moteurs sans boîtier n'a pas à être entravée par des incertitudes. Lorsque des questions ou des difficultés de conception se présentent, sachez qu'une assistance est toujours disponible sous la forme de ressources en libre-service, ainsi que par le biais d'ingénieurs disposant d'une compréhension approfondie de la manière d'intégrer des moteurs sans boîtier à toutes sortes d'applications.

Kollmorgen propose plusieurs outils pour vous aider à concevoir et à construire une application haute performance et facile à fabriquer :

- [Arbre de décision du moteur sans boîtier](#). Cet outil interactif vous permet de passer en revue les questions auxquelles vous devrez répondre pour déterminer si un moteur sans boîtier convient à votre application, et si tel est le cas, quel type de moteur spécifique. Il existe également une [version pdf imprimable](#).

- [Générateur de courbe de performance des moteurs sans boîtier](#). Ajustez les facteurs de courant, de tension, de température ambiante et de bobinage pour générer instantanément des courbes de performance et évaluer les meilleures options de moteur sans boîtier adaptées aux exigences de votre application.
- [Motioneering](#). Utilisez cet outil de sélection guidée en ligne pour choisir et dimensionner les composants du mouvement asservi pour votre projet en fonction des besoins réels de votre profil de mouvement qui peuvent être développés à partir d'une bibliothèque de types de projets mécaniques (vis à billes, pignon-crémaillère, entraînement par courroie, rouleaux pinceurs, courroie et poulie, entraînement direct) et de charges caractérisées par les exigences de votre application en termes de délais et de performance.
- [Autres outils de conception](#). Comparez et sélectionnez les produits de mouvement, générez des modèles en 3D, configurez les câbles, calculez les durées de freinage sûres et plus encore à l'aide de ces puissants outils d'ingénierie.

Prêt à vous lancer ?

[Contactez Kollmorgen](#) pour discuter de vos besoins et de vos objectifs avec un spécialiste des moteurs sans boîtier Kollmorgen.

À propos de Kollmorgen

Kollmorgen, une marque Regal Rexnord, possède plus d'un siècle d'expérience dans le domaine du mouvement. Cette expérience se retrouve dans les performances et la fiabilité inégalées de ses moteurs et de ses variateurs, ainsi que dans ses solutions de contrôle et ses plateformes d'automatisation pour les véhicules autonomes. Nous proposons des solutions révolutionnaires avec des performances, une fiabilité et une facilité d'utilisation sans pareilles, qui donnent un avantage incontestable aux fabricants de machines.