

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université du 20 Août 1955 Skikda

Faculté de Technologie

Département de Génie Mécanique



N° d'ordre : D012121019D

THESE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de

DOCTEUR en SCIENCES

Spécialité : Génie Mécanique

Par :

M. BRAHMIA Allaoua

Contribution à la conception robuste des robots parallèles

Soutenue le :

Devant le Jury composé par :

Nom et prénom	Grade	Qualité	Affiliation
METATLA Abderrezak	Professeur	Président	Université 20 août 1955-Skikda
KELAIAIA Ridha	Professeur	Rapporteur	Université 20 août 1955-Skikda
MAHFOUDHI Chawki	Professeur	Examineur	Université d'Oum el Bouaghi
CHORFIA Abdelhakim	MCA	Examineur	Université de Constantine 1
BOUNAB Belkacem	MCA	Examineur	École Militaire Polytechnique - Alger
INEL Fouad	MCA	Examineur	Université 20 août 1955-Skikda

RESUME

La conception des produits est soumise à des variations multiples qui peuvent être dues à des diverses sources. Les sources potentielles de ces variations peuvent être les erreurs humaines, les défauts de fabrication ou de traitement, etc. Ces variations, lorsqu'elles sont ignorées, des conceptions non robustes peuvent en résulter. La conception robuste ne vise pas à éliminer les sources d'incertitudes qui influent sur les performances du produit, mais permet au contraire de les maîtriser en les intégrant dans la phase de conception. Cependant, la minimisation des incertitudes le plus tôt possible, réduit les défauts dans la phase en aval, et cela affecte directement la qualité du produit et le coût de fabrication. Cette thèse contribue à l'étude de la robustesse de mécanismes. A cet effet, pour réaliser une conception robuste des robots parallèle, on a proposé une procédure séquentielle en deux étapes. Dans la première étape, une nouvelle méthode d'analyse de sensibilité des mécanismes est proposée. Cette méthode permet d'identifier les erreurs géométriques principales à l'aide de nouveaux indices de sensibilités de position et d'orientation. Deux nouveaux indices de sensibilité sont utilisés pour effectuer cette analyse (indice de sensibilité de position et indice de sensibilité d'orientation). Pour la deuxième étape, quant à elle, nous avons utilisé une méthode déterministe basée sur l'approche d'analyse de sensibilité des performances. Dans le cadre de notre technique de dimensionnement pour le calcul de tolérances, une approche séquentielle en deux étapes est proposée. Dans la première étape (première optimisation). La méthode des ellipses de sensibilité est utilisée pour la synthèse des tolérances, et les valeurs des tolérances optimales sont calculées. Quant à la deuxième étape (deuxième optimisation), on optimise le vecteur des tolérances optimales vers une solution plus robuste. Notre boîte de tolérances nommée Brahmia-BT, en plus qu'elle ne contient pas des pièces défectueuses, elle permet d'obtenir des tolérances plus larges avec un coût de fabrication minimum par rapport à la boîte de tolérances Caro-BT.

Mots-clés : Robots parallèles, Conception des mécanismes, Synthèse de tolérances, Analyse de sensibilité, Nouveaux indices de sensibilités, Erreurs de positionnement, Conception de précision.

ملخص

يخضع تصميم المنتج للعديد من التغيرات التي قد تكون بسبب مصادر مختلفة. يمكن أن تكون المصادر المحتملة لهذه الاختلافات خطأ بشرياً أو عيوباً في التصنيع أو المعالجة، وما إلى ذلك. هذه التغيرات، عند تجاهلها، يمكن أن تؤدي إلى تصاميم غير مثالية. لا يهدف التصميم المثالي (المتين) إلى القضاء على مصادر الارتياح التي تؤثر على أداء المنتج، ولكن على العكس من ذلك، يمكن التحكم فيها من خلال دمجها في مرحلة التصميم. ومع ذلك، فإن تقليل حالات الارتياح في المراحل الأولى يمكن أن يقلل من العيوب في المرحلة النهائية، وهذا يؤثر بشكل مباشر على جودة المنتج وتكلفة التصنيع. تساهم هذه الأطروحة في دراسة متانة وأمثلة الآليات. ولهذا، لتحقيق تصميم مثالي للروبوتات المتوازية، تم اقتراح طريقة متسلسلة تتكون من خطوتين. في الخطوة الأولى، تم اقتراح طريقة جديدة لتحليل حساسية الآليات. تتيح هذه الطريقة تحديد الأخطاء الهندسية الرئيسية باستخدام مؤشرات جديدة لحساسيات الموقع والتوجيه. تم استخدام مؤشرين جديدين للحساسية لإجراء هذا التحليل (مؤشر حساسية الموضع ومؤشر حساسية الاتجاه). بالنسبة للخطوة الثانية، استخدمنا طريقة تعتمد على نهج تحليل حساسية الأداء. كجزء من تقنية حساب الأبعاد الخاصة بنا لحساب السماحات البعدية، تم اقتراح نهج تسلسلي من خطوتين. في الخطوة الأولى (التحسين الأول). استعملنا طريقة الأشكال الإهليجية لحساب السماحات البعدية، ومنها يتم حساب قيم السماحات البعدية المثلى. بالنسبة للخطوة الثانية (التحسين الثاني)، تم تحسين السماحات البعدية المثلى نحو حل أكثر مثالية ومتانة. صندوق التسامح الخاص بنا المسمى Brahmia-BT ، بالإضافة إلى أنه لا يحتوي على أجزاء معينة، فإنه يسمح بالحصول على سماحات بعدية أكبر وبأقل تكلفة تصنيع مقارنة بصندوق التسامح Caro-BT .

الكلمات المفتاحية: الروبوتات المتوازية، تصميم الآليات، السماحات البعدية، تحليل الحساسية، مؤشرات حساسية جديدة، خطأ التموذج، التصميم المدقق.

Abstract

Product design is subject to multiple variations which may be due to various sources. The potential sources of these variations can be human error, manufacturing or processing defects, etc. These variations, when ignored, can result in unstable designs. The robust design does not aim to eliminate the sources of uncertainties that influence the performance of the product, but on the contrary enables them to be controlled by integrating them into the design phase. However, minimizing uncertainties as early as possible reduces defects in the downstream phase, and this directly affects product quality and manufacturing cost. This thesis contributes to the study of the robustness of mechanisms. To this end, to achieve a robust design of parallel robots, a two-step sequential procedure has been proposed. In the first step, a new method for analyzing the sensitivity of the mechanisms is proposed. This method makes it possible to identify the main geometric errors using new indices of position and orientation sensitivities. Two new sensitivity indices are used to perform this analysis (Position Sensitivity Index and Orientation Sensitivity Index). For the second step, we used a deterministic method based on the performance sensitivity analysis approach. As part of our sizing technique for the calculation of tolerances, a two-step sequential approach is proposed. In the first step (first optimization). The method of sensitivity ellipses is used for the synthesis of tolerances, and the values of the optimal tolerances are calculated. As for the second step (second optimization), the vector of optimal tolerances is optimized towards a more robust solution. Our tolerance box called Brahmia-BT, in addition to it does not contain defective parts, it allows to obtain larger tolerances with a minimum manufacturing cost compared to the Caro-BT tolerance box.

Keywords: Parallel robots, Mechanism design, Tolerance synthesis, Sensitivity analysis, New sensitivity index, Positioning errors, Precision design.