

Overactuatie is een begrip geworden

7 Lichtgewicht positioneren

De traditionele oplossing om trillingen in positioneringssystemen te verminderen, is het vergroten van de stijfheid van de constructie. Daardoor neemt echter het gewicht toe. In dit IOP-project hebben onderzoekers van de Technische Universiteit Eindhoven aangetoond dat het gewicht aanzienlijk kan worden teruggebracht door meer actuatoren te gebruiken dan voor de beweging noodzakelijk is. Deze aanpak wordt overactuatie genoemd.

Betrouwbare positioneringssystemen moeten hoge snelheid paren aan hoge nauwkeurigheid. Dit geldt voor waferstepers, bewerkingsmachines, meetmachines en pick & place mechanismen zoals componentplaatsingsmachines en 'wire-bonders', maar ook voor printers en andere professionele bewegingsmachines. Het zijn vooral de trillingen die de prestaties beperken. Daarom worden deze systemen ontworpen volgens traditionele ontwerpregels, waarbij het mechanisch ontwerp zorgt voor voldoende stijfheid en actuatoren de beweging regelen. Met behulp van sensoren en een regelkring wordt het gewenste dynamische gedrag

gerealiseerd. "Maar om de constructie voldoende stijf te maken, is het resultaat vaak een relatief zwaar systeem", vertelt Maarten Steinbuch, hoogleraar Systeem- en Regeltechniek van de Technische Universiteit Eindhoven. "En dat vermindert de prestaties."

In dit IOP-project is daarom een alternatief onderzocht: lichtgewicht positioneren door middel van overactuatie. "Het idee hiervan is, dat je met extra actuatoren en sensoren de stijfheid en de demping van de bewegende delen actief kunt beïnvloeden. Als dat zo is, kun je dezelfde prestaties behalen met een constructie die minder stijf is en dus lichter van gewicht."

Drie promovendi hebben gezamenlijk aan het onderzoek in Eindhoven gewerkt. Zij konden het principe aantonen met behulp van een laboratoriumopstelling bestaande uit een flexibele balk, rustend op drie actuatoren in een situatie met beweging in één richting. Later is dat herhaald met een driedimensionaal prototype: een plaat en vier actuatoren. De drie promovendi brachten ieder hun eigen kennis in. Jeroen van der Wielen van de sectie Precisietechnologie toonde aan dat het gewicht van een overgeactueerd systeem gereduceerd kan worden met een factor twee, een resultaat waarop Maarten Steinbuch al had gehoopt. "Hij is erin geslaagd hiervoor compacte berekeningen op te



Positioneringstelsel met beweging in één richting, ondersteund door twee actuatoren die twee graden van vrijheid combineren

stellen. Daarmee kun je de afweging maken tussen de mate van overactuatie en de gewichtsreductie die je daarmee bereikt. Gewichtsreductie heeft nog een voordeel. Door het gewicht te halveren, zijn ook de krachten om het systeem te versnellen gehalveerd. Daardoor is de benodigde hoeveelheid vermogen teruggebracht met een factor vier. Een mooi resultaat, omdat vermogen een bottleneck is vanwege de warmte die ermee gepaard gaat.” En warmte betekent uitzetting, wat weer slecht is voor de precisie.

Werktuigbouwkundige Maurice Schneiders zorgde voor de benodigde regeltechniek. “Wanneer je zo’n flexibele constructie op basis van overactuatie wilt ontwerpen, heb je een model nodig om in kaart te brengen wat er precies gebeurt. Je wilt weten wat de

eigenschappen zijn en welke trillingen er ontstaan”, vertelt hij. “Ik heb eerst dat model opgesteld, en op basis daarvan strategieën bepaald om de actuatoren aan te sturen met behulp van de informatie afkomstig van de sensoren. Dat is de feedback aansturing. Daarnaast wil je de flexibele constructie laten bewegen, want het gaat tenslotte om een positioneringstelsel. Als je de gewenste beweging als uitgangspunt neemt, kun je met het model, de plaatsing en het aantal actuatoren berekenen hoe je die beweging kunt realiseren met de minste vervorming van de balk. Die aansturing hebben we spatiële feedforward genoemd.”

Om tenslotte voor het gehele systeem tot maximale gewichtsreductie te komen, heeft Juraj Makarovič van de sectie

Elektromechanica en Vermogenselektronica een compleet nieuwe Lorentz-kracht actuator ontwikkeld. Die is niet alleen veel lichter, maar combineert bovendien twee graden van vrijheid: een translatie en een rotatie. Daardoor kan hij zowel voor de beweging in één richting zorgen als voor het dempen van mechanische trillingen. Door twee van deze actuatoren te gebruiken in plaats van drie bestaande actuatoren met ieder één vrijheidsgraad, kan nog verder op het gewicht van de constructie worden bespaard. Op dit innovatieve ontwerp is octrooi aangevraagd.

Gert van Schothorst, groepsmanager bij Philips Applied Technologies, was als lid van de begeleidingscommissie van dichtbij bij het onderzoek betrokken. "Onze afdeling Mechatronics richt zich op het ontwerpen van precisie bewegingssystemen, zodanig dat trillingen en vervormingen tot een minimum beperkt blijven", vertelt hij. "Opdrachtgevers stellen steeds stringenter eisen en het is duidelijk dat er grenzen zijn aan zo stijf mogelijk construeren." Hij noemt als voorbeeld een stage die nodig is bij de productie van LCD-schermen. Daarbij worden patronen geprint op glasplaten van wel twee bij twee meter. "Zo'n stage kun je gewoon niet stijf genoeg construeren, want dan wordt het te zwaar om nog voldoende snel te kunnen bewegen. Dan is overactuatie de oplossing." Samen met de Technische Universiteit Eindhoven is voor zulke situaties een vervolproject gestart, om geavanceerde regelconcepten te ontwikkelen voor overgeactueerde systemen.

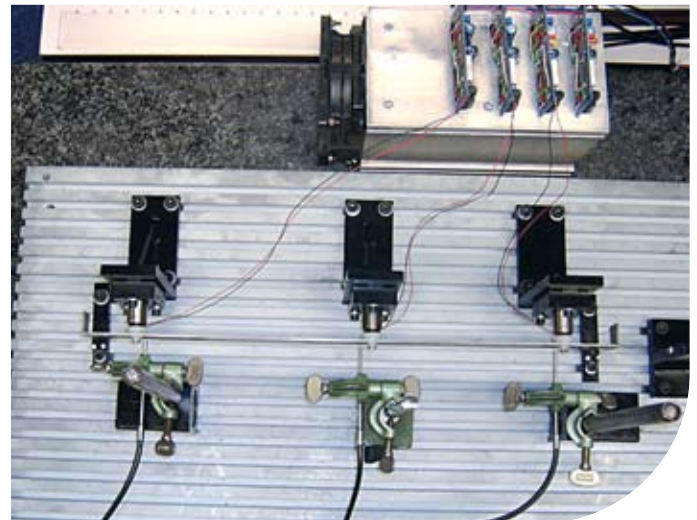
Het principe van overactuatie heeft Philips Applied Technologies overigens al toegepast bij de ontwikkeling van een MagLev-stage voor een lasersnijmachine. "De huidige stages werken op basis van

kogelgeleiding, maar dat geeft wrijving. Daardoor ontstaan er rafeltjes aan de snijrand bij het omkeren van de bewegingsrichting. Dat hebben we ondervangen met een contactloze magnetisch

gelagerde stage. In het gekozen concept zorgt een extra actuator in de verticale beweging voor de demping van trillingen ten gevolge van interne flexibiliteiten."

"Om te bewijzen dat je met de combinatie van slim aansturen en gewichtsreductie toch dezelfde performance kunt halen als met de traditionele werkwijze, hebben we het grootste deel van de tijd ieder in ons eigen vakgebied gewerkt", vertelt promovendus Maurice Schneiders. "Wel hebben we gezamenlijk de demonstratieopstelling en de aansturing ervan werkend gekregen. Daarna hebben we allerlei metingen verricht om modellen en berekeningen te verifiëren en om de feedback en de

"Er zijn grenzen aan zo stijf mogelijk construeren. Dan is overactuatie de enige oplossing"



Positioneringssysteem met beweging in één richting, ondersteund door drie actuatoren

feedforward aansturing te testen.”

Terugkijkend vindt hoogleraar Maarten Steinbuch het jammer dat de promovendi drie behoorlijk separate onderzoekslijnen hebben gevolgd. “Dat was eigenlijk niet de bedoeling. We streefden in dit project naar een multidisciplinaire systeembenadering, passend bij de filosofie van mechatronisch ontwerpen. Dat is helaas niet gelukt. Met een concreter projectdoel, zoals het opleveren van een prototype voor de industrie, hadden de onderzoekers waarschijnlijk meer van elkaar kunnen leren en meer de grenzen van hun eigen gebied overschreden. Maar daarvoor was het echt nog te vroeg. We merkten al snel dat er eerst veel fundamenteel onderzoek nodig was om alle ins en outs van overactuatie te begrijpen.”

Die relativering neemt niet weg dat overactuatie door dit IOP-project duidelijk op de kaart is gezet. Maarten Steinbuch: “Het is een begrip geworden. Misschien is dat nog wel het leukste resultaat van dit project: mensen realiseren zich nu dat je met overactuatie extra prestaties kunt bereiken. Actieve regeling door de combinatie van extra actuatoren en sensoren verhoogt de stijfheid van de constructie en de demping ervan aanzienlijk. We hebben aangetoond dat het een bruikbaar alternatief is voor de huidige generatie stages, die allemaal gebaseerd zijn op het gebruik van evenveel actuatoren als er bewegingsrichtingen zijn. We zijn de eersten geweest die hiernaar fundamenteel onderzoek hebben verricht. Die bewustwording van de mogelijkheden van overactuatie zie je terug bij nieuwe onderzoeksinitiatieven, zoals het Programme for High Tech Systems, waarin de meeste Nederlandse hightech precisiebedrijven vertegenwoordigd zijn.” Ook de Technische Universiteit Eindhoven gaat verder met het onderwerp: “Op basis van de opgedane kennis tijdens dit IOP-project zullen we in minstens twee vervolgprijzen verder onderzoek doen naar overactuatie.”

PROJECTINFORMATIE

Project: *Lichtgewicht positioneren*

Doelstelling: *Het verkennen van het gebruik van overactuatie in snelle, nauwkeurige industriële positioneringssystemen, teneinde het gewicht significant te verlagen*

Resultaten: *Het onderzoek heeft aangetoond dat het mogelijk is het gewicht door middel van overactuatie te reduceren met een factor twee. Er zijn diverse demonstratieopstellingen gebouwd, en er is een innovatieve Lorentz-kracht actuator ontwikkeld. Die is niet alleen veel lichter, maar combineert bovendien twee graden van vrijheid: een translatie en een rotatie. Er zijn 23 artikelen/conference papers gepubliceerd en 3 proefschriften. Het onderzoek resulteerde in 1 octrooi(aanvraag)*

Publicaties en meer informatie: www.precisieportaal.nl, disciplines: control, precisietechnologie

Contactpersoon: Maarten Steinbuch, m.steinbuch@tue.nl, telefoon (040) 247 54 44