

Drie oplossingsrichtingen voor trillingsisolatie

4 Smartmounts

Elke industrietak heeft last van trillingen. Vooral in de precisietechnologie is dat een groot probleem, want trillingen beperken de nauwkeurigheid van de apparatuur. Terwijl juist aan die nauwkeurigheid steeds hogere eisen worden gesteld. Onderzoekers van drie kennisinstituten – Universiteit Twente, Technische Universiteit Delft en TNO Industrie en Techniek – hebben voor het trillingsprobleem ieder een andere oplossingsrichting uitgewerkt.

Precisieapparaten zoals wafersteppers, elektronen-microscopen en plaatsingsmachines voor elektronische onderdelen hebben last van trillingen. Om machines zo goed mogelijk van vloertrillingen te isoleren wordt de machine zacht afgeveerd met behulp van soft mounts. Dat werkt goed voor het isoleren van zulke indirecte verstoringen, maar niet voor directe verstoringen. Die ontstaan wanneer onderdelen van een machine – het lenzenstelsel van een waferstepper bijvoorbeeld – door omgevingsgeluid gaan trillen ten opzichte van het machineframe. “Tegen zulke directe verstoringen heb je

juist een stijve ondersteuning van de machine nodig, hard mounts dus”, vertelt Tjeerd van der Poel van de Universiteit Twente. “Wij hebben in ons deel van dit project geprobeerd om uitgaande van zo’n stijve ondersteuning, de vloertrillingen toch zo goed mogelijk te isoleren. Daarvoor is een actief systeem nodig.”

De Twentse promovendus nam als basis een statisch bepaalde verbinding tussen vloer en machine met een hoge stijfheid in één richting, en combineerde dit met een regelstrategie. “Die regelstrategie kent twee onderdelen: een feedbackregeling om de resonanties in het systeem te dempen, en een feedforwardregeling om via antikrachten de vloertrillingen te compenseren. De gecombineerde regeling blijkt aardig te werken, maar de performance is nog niet zo goed als die van een soft mount. Een van de beperkingen is de beschikbaarheid van de juiste sensoren: die moeten gevoelig zijn voor een groot frequentiegebied en tegelijkertijd klein in omvang zijn. Die haal je niet zomaar uit de kast.”

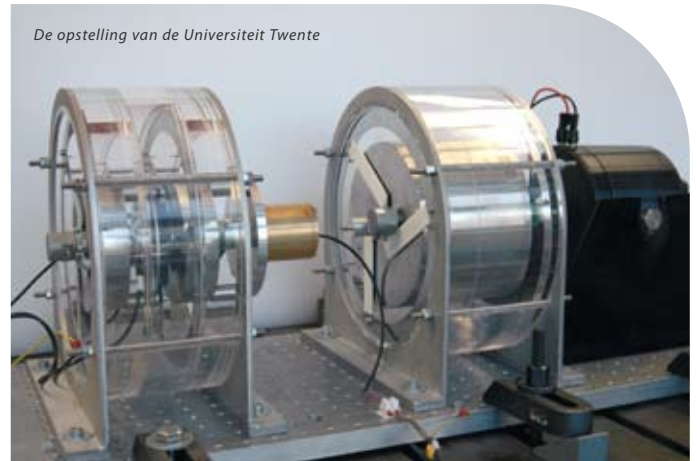
De feedforwardregeling is ontwikkeld op basis van een adaptief regelsysteem met zelflerend vermogen, dat verschillende soorten verstoringen moet kunnen opheffen. Een acceleratiesensor meet de verstoringen, waarna er in de machineondersteuning krachten worden gegenereerd

waardoor de machine niet merkt dat de vloer trilt. Voor het tegengaan van hoogfrequente trillingen bleek de tijdsvertraging tussen het meten en het regelen echter een beperking. “Zelfs in de gerealiseerde demonstrator die in één bewegingsrichting trillingen onderdrukt, kost dat veel rekentijd”, legt Tjeerd van der Poel uit. “Dat wordt echt een probleem in een 3D-opstelling, met zes graden van vrijheid en dus voorzien van zes vloersensoren, zes machinesensoren en zes actuatoren.” In het Smart Mix-programma SMARTPIE (SMART systems based on integrated PIEzo) dat in 2008 van start is gegaan, werkt de Universiteit Twente hieraan verder.

“Zo’n project geeft veel inzicht in de machinedynamica en hoe je die kunt manipuleren”

Waar Tjeerd van der Poel zijn onderzoek baseerde op een hard mount, nam Michiel Vervoordeldonk aan de TU Delft een actieve soft mount als uitgangspunt. Hij vertelt: “Een soft mount is sterk in het isoleren van de machine voor vloertrillingen, ofwel de indirecte verstoringen. Wanneer echt hoge nauwkeurigheid wordt vereist, wordt daaraan een systeem toegevoegd van bewegingssensoren, controllers, versterkers en Lorentz-actuators, waarmee het systeem van actieve demping wordt voorzien. De sensoren van dit regelsysteem pikken echter ook – onbedoeld – de interne resonanties van de machine op. Wat ik heb geprobeerd is om hier nu juist gebruik van te maken, en dat systeem uit te breiden met functionaliteit waarmee ook de interne resonanties gedempt worden. Daardoor wordt de gevoeligheid voor directe verstoringen gereduceerd.”

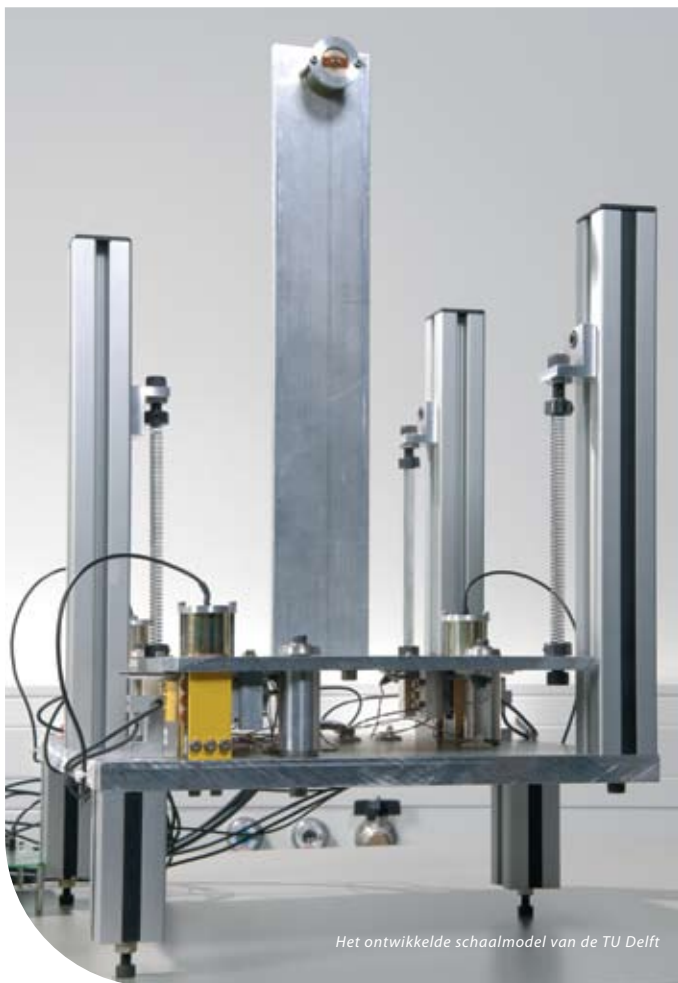
Michiel Vervoordeldonk ontwikkelde in het twee jaar durende Delftse deelproject algoritmes om interne resonanties te dempen.



De gevonden inzichten testte hij met behulp van een realistisch 3D-schaalmodel met een 5 kilo payload, dat het dynamisch gedrag van een werkelijk systeem met een payload van, zeg, 1.000 kilo goed blijkt te vertegenwoordigen. “Er is nu duidelijkheid in welke gevallen het wel werkt en waar juist niet. Met de opgestelde richtlijnen kun je aan de slag om gericht de juiste regelstructuur te implementeren, of om de dynamica van het systeem, zoals de regelaar het ziet, aan te passen.”

Het derde deelproject, dat ook twee jaar in beslag nam, vond plaats bij TNO Industrie en Techniek. Daar ontwikkelde Tom Basten met zijn collega's van de afdeling Akoestiek een concept om directe trillingen afkomstig van een vacuumpomp te reduceren. Hij vertelt: “Voor precisietoepassingen in vacuüm is een turbovacuum pomp meestal rechtstreeks en star aan het apparaat verbonden. Rondraaiende onderdelen introduceren daar trillingen op de flensverbinding. We hebben onderzocht of je die trillingen kunt reduceren met shakers, een soort luidsprekers die tegenkrachten kunnen uitoefenen. Die sturen we aan met een regelalgoritme dat

heel snel reageert op de trillingen en dan antitrillingen ontwikkelt.” Dat blijkt te werken: met behulp van een demonstratieopstelling is aangetoond dat de trillingen met een factor 5 worden gereduceerd. Of dat voldoende is hangt af van de toepassing, zegt Tom Basten. Het was voor het eerst dat TNO antikrachten toepaste om trillingen in precisieapparatuur te verminderen. Tot nu toe werkte de afdeling

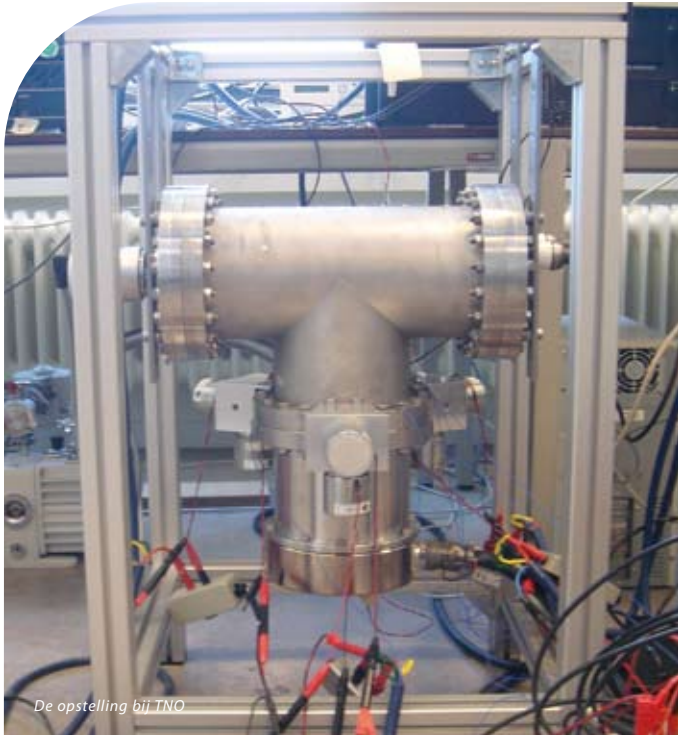


Het ontwikkelde schaalmodel van de TU Delft

Akoestiek aan geluid- en trillingsreductie in andere toepassingsgebieden, zoals ventilatiesystemen, scheepsmotoren en geluidsoverlast in de omgeving van Schiphol. De resultaten van dit IOP-project zullen dan ook in die gebieden worden ingezet. Collega's van de afdeling Mechatronica Equipment gaan daarnaast verder met actieve oplossingen voor trillingsreductie in precisieapparatuur.

Zowel Tom Basten als Michiel Vervoordeldonk verrichtten hun onderzoek tijdens de eerste twee jaar van het deelproject van Tjeerd van der Poel. Voor hen had de samenwerking allerlei voordelen. Michiel Vervoordeldonk: “Het was leuk om met elkaar te sparren en werkervaring en inzichten te kunnen uitwisselen. Daar krijg je ook iets voor terug: de mening van anderen over je aanpak en ideeën. Ik combineerde in die tijd mijn promotie-onderzoek met mijn werk bij Philips Applied Technologies en voer nu nog experimenten uit samen met een afstudeerder. Daarna hoop ik te kunnen promoveren.” Ook voor Tom Basten had de samenwerking voordelen: “De interesse van de bedrijven in de Begeleidingscommissie heeft mij duidelijk gemaakt hoe belangrijk dit onderwerp is. Zij gaan met de bestaande oplossingen echt tegen grenzen aanlopen. Zulke bijeenkomsten zijn voor alle deelnemers trouwens een unieke gelegenheid om van gedachten te wisselen.”

Dat vindt ook Ab Visscher, senior consultant bij FEI Electron Optics. Voor hem zijn de vakinhoudelijke contacten tijdens de bijeenkomsten van de Begeleidingscommissie zeer waardevol, vertelt hij. “Het is een ideale gelegenheid om met vakspecialisten van andere bedrijven en van de kennisinstellingen te discussiëren. Bijvoorbeeld over vloertrillingen bij zeer lage frequenties, ver onder 1Hz. Een capacitieve versnellingssensor die wij ook zelf overwogen voor een toepassing, werd eens echt op zijn merites van signaal-ruisverhouding over het hele frequentiebereik beoordeeld. Buiten de concrete



De opstelling bij TNO

resultaten die geboekt zijn in de drie deelprojecten hebben die gesprekken ook meer kennis opgeleverd over de methoden en de complexiteit van trillingsdemping. FEI gebruikt zelf soft mounts voor trillingsdemping van elektronenmicroscopen. Als technicus vond ik de discussies over actieve hard mounts daarom erg interessant. Het gebruik van antkrachten zou verder moeten worden doorontwikkeld, om ook de bredere ruis bij lagere frequenties te kunnen onderdrukken waar wij last van hebben. Ook de prijs zou voor ons een flink stuk omlaag moeten, voordat dit concept levensvatbaar is.”

Voorzitter van de Begeleidingscommissie Jos Gunsing werkt als technologiemanager bij NTS Mechatronics. Dit bedrijf ontwerpt en

bouwt mechatronische systemen en modules die derden op de markt brengen, zoals pick & place machines voor de halfgeleiderindustrie en grote inkjetprinters. “Zo’n project geeft ons veel inzicht in de machinedynamica en hoe je die kunt manipuleren”, licht hij toe. “Het hier verrichte onderzoek is trouwens niet alleen interessant voor ultraprecisietoepassingen, maar ook voor gebruik in bijvoorbeeld grote inkjetprinters. Hoewel de nauwkeurigheid daar van een andere orde grootte is dan bij elektronenmicroscopie, wil je ook hier actief trillingen onderdrukken. Ik zie bijvoorbeeld mogelijkheden voor hoog kwaliteit/groot formaat inkjetprinters in een gebouw naast een drukke snelweg. Door in de toekomst actieve mounts te gebruiken in plaats van dure ingrepen aan het gebouw, kun je veel geld besparen.”

PROJECTINFORMATIE

Project: Smartmounts

Doelstelling: Het ontwikkelen van strategieën en ontwerpprincipes om de isolatieperformance van de ondersteuning van apparaten (mounts) te verbeteren, gebruikmakend van verschillende concepten voor vibratie-isolatie en demping

Resultaten: 1D-demonstrator van een hard mount met actieve trillingsisolatie, vervolgproject in SMARTPIE-programma. Duidelijkheid over de toepasbaarheid van actieve soft mounts, richtlijnen en een schaalmodel. Algoritmen en richtlijnen voor het gebruik van antkrachten op de starre verbinding tussen vacuümpomp en precisie-apparaat. 1 (op termijn 2) proefschrift(en).

Publicaties en meer informatie: www.precisieportaal.nl, disciplines Elektronica, Mechanica, Sensoren, Control

Contactpersoon: Johannes van Dijk, j.vandijk@utwente.nl, telefoon (053) 489 26 01