

Het geheim van de baardtrimmer

Philips is een van de grootste fabrikanten van haarmachinerie ter wereld, van stylingtangen en scheerapparaten tot baardtrimmers. Die trimmers vertonen vreemd gedrag: bij de juiste snelheid voelt de elektromotor ineens nauwelijks tegenkracht van het heen en weer schietende mes. Vier wiskundigen weten dat gedrag in een krappe week te doorgronden.

“Samengevat: hier is de exacte oplossing.” Aan wiskundige James Harris (Universiteit van Oxford) het genoeg om die zeldzame boodschap te brengen tijdens de einddag van SWI. Meestal zijn de bedrijfsvraagstukken alleen bij benadering te beantwoorden. Danny Dirksz van Philips Personal Health heeft de uitzondering aangedragen, al blijkt er creatieve wiskunde nodig om zijn vraagstuk te kraken.



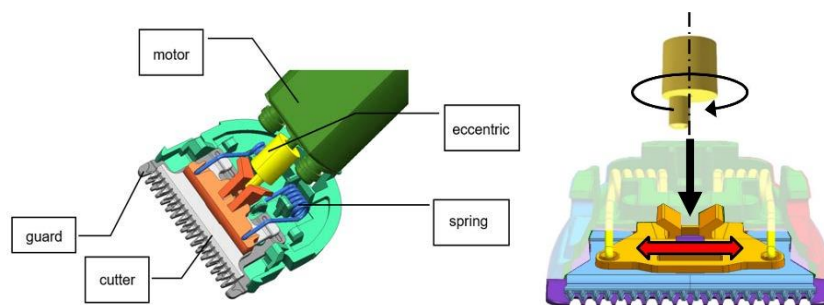
*Baardtrimmer van Philips.
Bron: Philips Personal Health*

Koppeling

Pel je Philips baardtrimmer open - al is het maar om 'm eens schoon te maken - en je ziet de slimme slee-koppeling tussen een rondjes draaiende elektromotor en een mes dat naar links en rechts schiet. Geen *rocket science*, maar complex genoeg om onverwacht gedrag te vertonen.

Dirksz: “Om verder te innoveren willen we onze apparaten zo goed mogelijk begrijpen, op alle niveau's. Daarom maken we wiskundige modellen van onze apparatuur zodat we veel sneller veelbelovende ideeën testen dan wanneer we telkens prototypes moeten maken.”

In zijn originele simulaties modelleert Dirksz de elektromotor en het mes met lineair gedrag - bij twee keer zoveel kracht is de respons ook twee keer zo groot. “Maar als je ze aan elkaar koppelt, krijg je wisselwerking en niet-lineair gedrag”, legt Dirksz uit.



Ontwerptekening van een Philips baardtrimmer met een ronddraaiende motor die een heen-en-weer bewegend mes aandrijft. Bron: Philips

Dip

De hoeveelheid stroom die de elektromotor trekt blijkt op en neer te wiebelen, afhankelijk van hoe snel je 'm wil laten draaien. Bij sommige frequenties is die wisselcomponent groot, bij één specifieke is er een dip en wordt de wisselstroom helemaal nul.

Interessant, maar waar komt dat gedrag vandaan? Dat blijkt niet te beantwoorden met technieken voor lineaire systemen. Dirksz, als mechatronicus niet vies van pittig rekenwerk, kan het raadsel niet loslaten. “Ik wilde graag vanuit de wiskunde begrijpen bij welke frequentie nou precies die wisselvalligheid

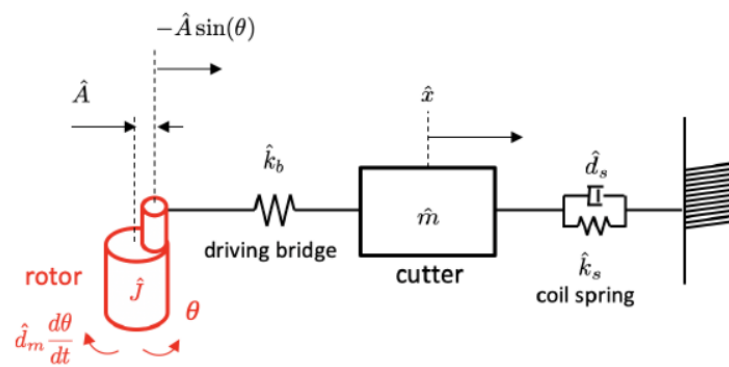
in de stroom naar nul ging. En hoe die frequentie samenhangt met eigenschappen van het apparaat zoals veerconstantes, gewichten, enzovoorts. Daarom nam ik contact op met SWI.”

Grip

Wie wil begrijpen bij welke frequentie de baardtrimmer van Philips wiebelt en wanneer juist niet, loopt meteen vast in de details van het ontwerp. De kracht van de elektromotor, hoe zwaar het mes en verbindingsstuk zijn, schuifweerstand - alles kan invloed hebben op het uiteindelijke gedrag.

Promovendus Eric Sandin Vidal van de Vrije Universiteit in Amsterdam vertelt hoe hij met zijn drie collega's het mes zette in de wirwar van apparaateigenschappen. “De eerste paar dagen hadden we allerlei ideeën, waarvan er niet één meteen uitsprong. We zijn dus wat gaan experimenteren. Wat ons uiteindelijk enorm hielp om grip te krijgen op het probleem is de techniek van *nondimensionalisatie*.”

Als de wiskundigen variabelen in de formules iken op de 'natuurlijke' eigenschappen van de baardtrimmer, blijkt het rekenwerk een stuk simpeler te worden. Zo wil het verend gemonteerde mes liefst op één typisch tempo heen en weer trillen, dat afhangt van de veerconstante en de massa van het mes. Die analyse geeft ook aan welke eigenschappen van het apparaat het zwaarste wegen. Met een zogeheten *asymptotische oplossing* die steeds nauwkeuriger wordt, vinden de deelnemers daarna een exacte formule voor het wiebelgedrag van de elektromotor.



Mechanisch model van de baardtrimmer. Bron: SWI

Gereedschapskist

Dirksz is in zijn nopjes met het resultaat. “De belangrijkste vraag, bij welke frequentie krijg je die dip in de wisselstroom, konden ze wiskundig exact beantwoorden. Hun methode van omgaan met differentiaalvergelijkingen was voor mij heel nieuw, die gaat zeker in mijn eigen gereedschapskist voor als ik weer met dit soort problemen te maken krijg.”

Oplossing gevonden, klant tevreden - was het vraagstuk dan wel interessant genoeg voor de deelnemende wiskundigen? Sandin kijkt in ieder geval vol enthousiasme terug op de werkweek: “Het was pittig en best vermoeiend om onder zo'n strakke deadline aan een compleet nieuw probleem te werken. Maar voor wiskundigen die misschien alleen abstracte problemen gewend zijn, is het denk ik heel goed om te zien hoe je met je vakkennis vraagstukken van buiten de muren van de universiteit op kunt lossen. Dit moet je minstens een keer meemaken.”

Voor Danny Dirksz bij Philips is het werk ondertussen nog maar net begonnen. “Philips heeft meer producten dan alleen trimmers, en deze analysemethode voor niet-lineaire systemen kun je ook toepassen op andere producten. Dat wordt interessant. Voor mij heeft SWI laten zien dat een andere invalshoek en achtergrond veel kan opleveren. Een echt succes!”