

# Kunstmatige intelligentie breekt door

**‘In de komende jaren zal de manier van bewaken van de conditie van roterende machines fundamenteel veranderen. Brede toepassing van software met kunstmatige intelligentie voor trillingsanalyse maakt het mogelijk om van preventief naar predictief onderhoud over te gaan. Dat zal het onderhoud doelmatiger en goedkoper maken’, zegt Arie Mol, expert op het gebied van trillingsanalyse.**

*Erik te Roller*

Software met kunstmatige intelligentie voor trillingsanalyse maakt gebruik van algoritmen om trillingen continu te analyseren. Het gaat om statistische analyse. De software heeft geleerd welk trillingsgedrag binnen de normale context van het proces valt. ‘Het trillingsniveau mag af en toe best verdubbelen als het maar past in het normale beeld. Zodra de trillingen daarvan afwijken, wordt dat meteen gedetecteerd. Er is dan nog ruim voldoende tijd om in te grijpen en onderhoud te verrichten voordat de machine echt vastloopt’, verklaart Mol. ‘De wiskundige basis voor statistische analyse bestaat al meer dan honderd jaar. Lange tijd ontbrak echter de rekenkracht om

de meetresultaten te kunnen analyseren. De computers van vandaag de dag hebben die rekenkracht wel. Vandaar dat de kunstmatige intelligentie nu doorbreekt’, voegt hij eraan toe. Hij verwijst ook naar de software waarmee banken handschrift op mutatieformulieren herkennen en softwareprogramma’s om spraak te herkennen als andere voorbeelden van kunstmatige intelligentie.

## Zelflerend

Het moment waarop een analist in actie moet komen voor het plannen van onderhoud, verschuift naar een steeds later stadium. Dat is mogelijk omdat de sensoren,

die de trillingen opnemen, als het ware hersens krijgen. Monitoringsystemen met kunstmatige intelligentie nemen een deel van de taken over. Mol: ‘Ze zijn zelflerend. In de eerste fase bouwen ze met een statistisch algoritme een model op van de trillingen van de dan nog gezonde installatie. Ze modelleren met andere woorden het normale gedrag onder alle voorkomende bedrijfsomstandigheden. Door deze holistische benadering, waarbij naar het systeem als geheel wordt gekeken, ontdekt en leert de software het verband kennen tussen aan de ene kant de te bewaken parameters zoals bijvoorbeeld het trillingsgedrag of de lagering temperatuur, en aan de andere kant de procesparameters die verband houden met de trillingen, zoals zuig- en persdruk, debiet, temperatuur en toerental.’

Na deze inwerkperiode volgt het voortdurend online bewaken. Voor elk nieuw werkpunt of elk nieuw toerental wordt het te verwachten gedrag berekend en wordt meteen gecontroleerd of dat binnen de statistisch bepaalde grenswaarden van het normale gedrag valt. Als bij gegeven procesparameters het trillingsignaal gaat afwijken van de berekende waarde dan is er geen cor-

## VERANTWOORDELIJKHEID VAN DE FABRIKANT

Als hoofdaannemer is een fabrikant van bijvoorbeeld een pomp of compressor verantwoordelijk voor het trillingsgedrag van het gehele systeem, inclusief de ingekochte onderdelen zoals aandrijfmotor, tandwielkast en fundatie. De engineering afdeling stelt van te voren een rekenmodel voor de trillingen van de machine op, maar dat kan alleen gevalideerd worden op basis echte trillingsmetingen in de praktijk. Het gaat bijvoorbeeld om het bepalen van de resonantiefrequentie: de frequentie waarbij de uitslag van de machine het grootst is. Dit is vergelijkbaar met het schudden van een wasmachine vlak voordat de trommel na het centrifugeren tot stilstand komt. Valt die resonantiefrequentie samen met het bedrijfstoerental,

dan is er een groot probleem. De resonantiefrequentie wordt vaak bij een afnametest of inbedrijfstelling gemeten. ‘Steeds vaker zie je echter dat de terugkoppeling van praktijk naar tekentafel stiefmoederlijk wordt behandeld. Zo zijn gerenommeerde namen al lang geen garantie meer voor bedrijfszekerheid. Ontwerpers die te veel vertrouwen op hun rekenmodellen zijn vervreemd van de werkelijkheid. Qua sterkte zit een ontwerp meestal wel goed in elkaar. Wie echter de dynamische krachten die loskomen bij resonantie niet al in zijn ontwerp beheerst, loopt het risico met een hardnekkig trillingsprobleem te maken te krijgen waarvan het oplossen handen vol geld kost’, aldus Arie Mol.



FOTO: EMERSON PROCESS MANAGEMENT

relatie meer en volgt een alarm. ‘Het gaat dus niet om het verzamelen van grote hoeveelheden absolute waarden in een databank ten behoeve van een trendanalyse, maar enkel om het detecteren van relatieve afwijkingen. Zodoende hoeven er ook veel minder meetgegevens te worden opgeslagen, small data in plaats van big data dus. Het systeem gaat met andere woorden op een slimme manier met big data om door een overkill aan opslag van niet-relevante data te voorkomen’, verklaart Mol. Hij ziet kunstmatige intelligentie als de belangrijkste actuele ontwikkeling in zijn vakgebied.

### Kern van het vak is machinekennis

‘De kern van mijn vak is niet trillingsanalyse of kennis van instrumentatie, maar kennis van machines: weten hoe roterende machines van uiteenlopende aard zich kunnen gedragen en vooral misdragen en op welke onderdelen dat terug te voeren valt. Mijn eerste baan was bij Holec in Hengelo, fabrikant van elektrische machines, voorheen Heemaf geheten. Als afgestudeerde in de elektrotechniek werd ik meteen aan het oplossen van werktuigbouwkundige problemen gezet. Niet vreemd, want in elektrische machines zit doorgaans evenveel elektrotechniek als werktuigbouw. De combinatie van kennis van deze vakgebieden is onontbeerlijk bij trillingsanalyse’, legt Mol uit.

De jaren zeventig stonden in het teken van de doorontwikkeling en optimalisatie van elektrische machines. Ze kregen meer vermogen, de rendementen gingen omhoog

en het gewicht en geluid omlaag. Om in de wereldwijde concurrentiestrijd overeind te blijven moesten de fabrikanten ook het trillingsgedrag van de machines beter leren beheersen. In die tijd kwam ook de eerste apparatuur op de markt om frequentiespectra van trillingen in beeld te brengen en te analyseren. Hiermee was het voor het eerst mogelijk om van buitenaf als het ware in de draaiende machine te kijken. Mol deed in twintig jaar tijd een schat aan kennis en ervaring op, die hem nog altijd van pas komt, zoals bij de root cause analysis om

de oorzaak van problemen bij machines te achterhalen. ‘Die vooropleiding is een voorrecht. Niet iedereen krijgt zo’n kans, vooral nu steeds meer maakindustrie uit Nederland verdwijnt’, aldus Mol.

### Compacte en lichte instrumenten

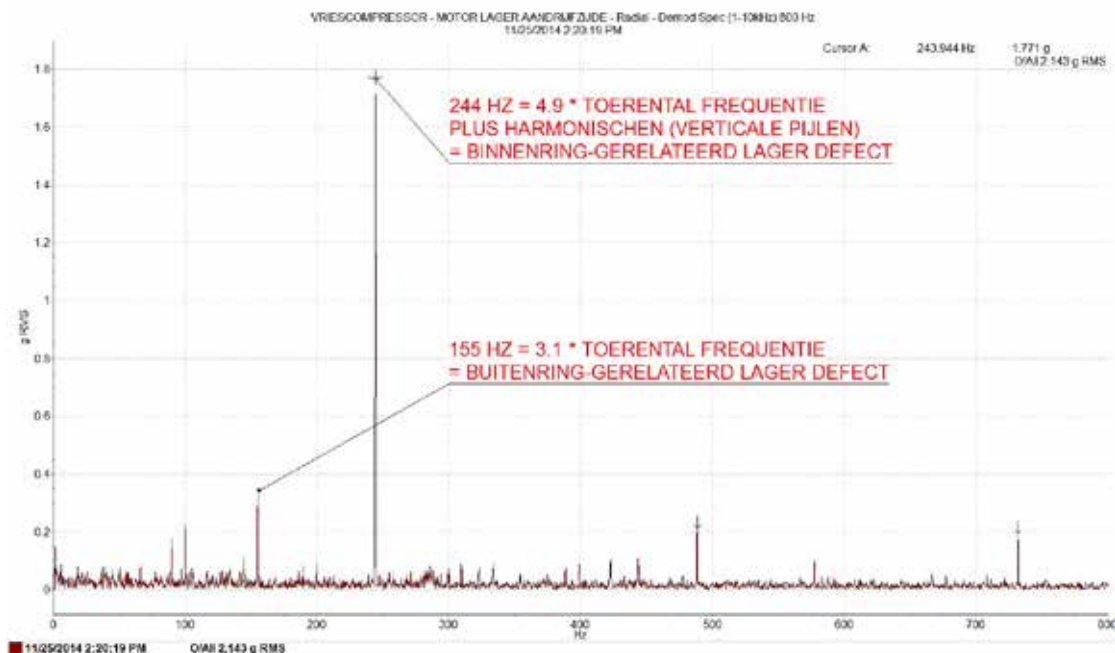
De machines evolueren, maar de trillingsanalyse niet, afgezien dan van de opkomst van kunstmatige intelligentie. Mol: ‘Roterende machines functioneren volgens fysische wetmatigheden. Deze veranderen niet. Wel leiden nieuwe materialen tot innovatie. De

## TRILLINGSANALYSE VAN ROTERENDE MACHINES

Arie Mol heeft een paar jaar geleden besloten zijn kennis met anderen te delen door een leerboek over trillingsanalyse op zijn website te publiceren. Aanleiding was het samenstellen van een leerboek over diesel- en gasmotoren door een klant in samenwerking met andere experts en onderwijsinstellingen. Er ontbrak één hoofdstuk, namelijk over trillingsgedrag van dieselgeneratoren en warmtekrachtinstallaties. Mol: ‘Ik liep al langer met het idee rond om alle praktische ervaring op het gebied van trillingsanalyse van roterende machines te boek te stellen en toegankelijk te maken voor service-engineers, studenten en hen die beroepshalve verantwoordelijk zijn voor het hoofdpijndossier ‘trillingen’. Ik ben er in 2013 mee van start gegaan. Het is inmiddels uitgegroeid tot een omvangrijk online document met een praktische insteek.’



FOTO: STUDIO81 FOTOGRAFIE



trillingsanalyse verandert zelf echter niet, maar wel de instrumentele hardware. Die heeft een fantastische ontwikkeling door-gemaakt. Veel nuttige functies zijn onderge-bracht in compacte, lichte en batterijgevoe-de instrumenten, die ideaal zijn om mee het veld in te gaan. De software-ontwikkeling is afgezien van de toepassing kunstmatige intelligentie meer van cosmetische aard: flitsende rapportages en mooie, kleurrijke grafieken, maar die zijn bij analyse niet echt van toegevoegde waarde.

### Zien waar het probleem zit

Voor trillingsanalyse wordt in negen van de tien gevallen een frequentie-spectrum-ana-lyser als eerste gebruikt. Alleen bij zuiger-motoren, die bij het openen en sluiten van de kleppen bij elke omwenteling een korte puls geven, is een oscilloscoop het aange-wezen instrument, want die pulsen zijn met frequentie-spectrum-analyse minder goed te zien.

Het frequentiespectrum is samengesteld uit de frequenties van allerlei trillingen in de machine. Aan de hand hiervan is het bijvoorbeeld mogelijk om na te gaan met welke lagering er in een tandwielkast iets mis is. ‘Nog belangrijker is dat je met het frequentiespectrum kan zien dat een probleem niet in de tandwielkast, maar in de daaraan gekoppelde elektromotor zit, want anders haal je misschien het verkeerde apparaat uit elkaar’, aldus Mol.

Wanneer een machine te veel trilt, is de eerste vraag: wat is de dominante frequen-tie? Dit leidt naar de mogelijke bron. Min-stens zo belangrijk is om andere potenti-ele oorzaken uit te sluiten. Bij sommige

machines is de vorm van trillingsgolf van belang, zoals bij de zuigermotor met een impulsvormige trilling. Een volgende vraag kan zijn: hoe wijzigt zich het trillingsgedrag bij verandering van werkpunt (bijvoorbeeld het druk-volume-werkpunt van een pomp of compressor) of verandering van toerental? Het frequentiespectrum en de golfvorm vor-men hoe het ook zij het uitgangspunt voor elke trillingsanalyse.

Die analyse is een belangrijk hulpmiddel om vast te stellen of er onderhoud nodig is. De procesindustrie staat vol met roterende machines, zoals pompen, ventilatoren, tur-bines, compressoren en elektromotoren. ‘Geen enkel plantmanagement kan het zich veroorloven niet te weten wat de actuele conditie is van alle moneymakers, want als het de zaken op zijn beloop laat, kan dat grote materiële en financiële schade tot gevolg hebben. Bij productiestilstand derft een bedrijf niet alleen omzet, maar krijgt het ook advocaten op zijn dak, als het zijn contractuele verplichtingen jegens klanten niet kan nakomen’, aldus Mol.

### De regie houden

Trillingsanalyse is bij uitstek geschikt om de conditie van vitale onderdelen zoals lageringen te bewaken. Is de conditie in orde dan luidt het credo: ‘Never clean a run-ning machine’. Dreigt een lagering de fout in te gaan dan kan die tijdig hersteld of ver-vangen worden. ‘Op die manier houdt het management de regie over de vitaliteit van de productiemiddelen en niet andersom’, stelt Mol.

Conditiebewaking op basis van trillingme-ting, offline met periodieke looprondes dan wel online met permanent gemonteerde vibratiesensoren, hebben veel bedrijven inmiddels met succes ingevoerd. Mol: ‘Meestal is daar geen rationele financiële afweging aan vooraf gegaan. Je weet vanaf de eerste dag wat het gaat kosten, maar niet wat voor schade je ermee uitspaart. Iets waar echte Excel-managers nooit aan zullen kunnen wennen. Een flinke crash is dan vaak de aanzet om tot conditiebewa-king te komen.’ ■

### Cursus Trillingsanalyse; Het praktisch profijt van Trillinganalyse

Op 23 en 24 juni organiseert de NVDO de cursus 'Trillingsanalyse', een praktische trai-ning om machinefouten uit trillingen te halen. Tijdens de cursus worden technische fenomenen uitgelegd die onontbeerlijk zijn om het ontstaan van machine-oneigen-lijke trillingen te begrijpen. Wat hebben onbalans, fase en cetrifugaalkrachten met elkaar gemeen? Welke rol spelen snelheid, versnelling en verplaatsing in een trilling? Deze en meer fenomenen worden met talrijke praktijkcases verhelderd.

Kijk voor meer informatie in de cursuskalender en op: [maintenance.nvdo.nl/maintenance-academy/](http://maintenance.nvdo.nl/maintenance-academy/)