

Trillingsmetingen leiden tot resultaat

ONDERHOUD
Wim van der Have

Jagende tanden veroorzaken gebrom



Een grommende tandwielkast scheidt geen vertrouwen. Het is een merkwaardig geluid en volgens een Belgische tandwielkastenfabrikant, behoorlijk zeldzaam ook. Het geluid is te horen in een oppervlaktegemaal ergens in de Betuwe. In dit gemaal wordt een vijzel aangedreven die water verplaatst naar een hoger gelegen gebied. Maar de tandenknarsende aandrijving van de vijzel lijkt de lente niet te gaan halen.

Bij het Betuwse oppervlaktegemaal gaat het om een drietrapsstandwielkast van het merk Redurex met een overbrengingsverhouding van 1:39,2. De kast wordt aangedreven door een 75 kW elektromotor. Het grommende geluid heeft een frequentie van 1,49 seconde. Dit kunnen de uitgaande toeren naar de vijzel niet zijn, want één omwenteling kost namelijk maar 0,48 sec. Er kan nog al wat trillen in een dienstdoende tandwielkast. Een drietraps-overbrenging bijvoorbeeld heeft vier assen,

met op elke as twee lagers. Elk lager heeft vier schadefrequenties, die afkomstig kunnen zijn van de kogel, de kooi of de binnen- of buitenring. Elke tandtrap heeft zijn eigen ingrijpfrequentie met harmonischen (verdubbelingen), terwijl de vier assen omwentelen met verschillende snelheden. Als we de trillingen door speling, torsie en de oliepomp niet meetellen, is dat bij elkaar toch nog een heel orkest. Of beter gezegd: een spectrum vol met amplituden. Desalniettemin zijn de belangrijkste frequenties met een

beetje boerenverstand wel te plaatsen. Maar waar komt nu dat merkwaardige gegrom vandaan?

Uitvoering

De opnamen voor de trillingsanalyse worden gemaakt met behulp van een versnelling-opnemer. Dit is een klein apparaatje dat de beweging van een trilling omzet in elektrische stroom. Voor de geïnteresseerden: een piëzo-elektrisch kristal geeft onder druk- en trekkrachten van een trilling een potentiaal verschil. Een elektrisch stroompje dus vol informatie. De versnelling-opnemer wordt met behulp van een magneet geplaatst op punten waar een lager zit. Een lager is immers de enige verbinding tussen draaiende assen en een stilstaande kast. Alle trillingen die door een draaiende tandwielkast worden opgewekt, gaan daarom voornamelijk door de lagers naar buiten, waar ze worden opgevangen door de daar neergeplakte versnelling-opnemer. Elk lager is dus een meetpunt.

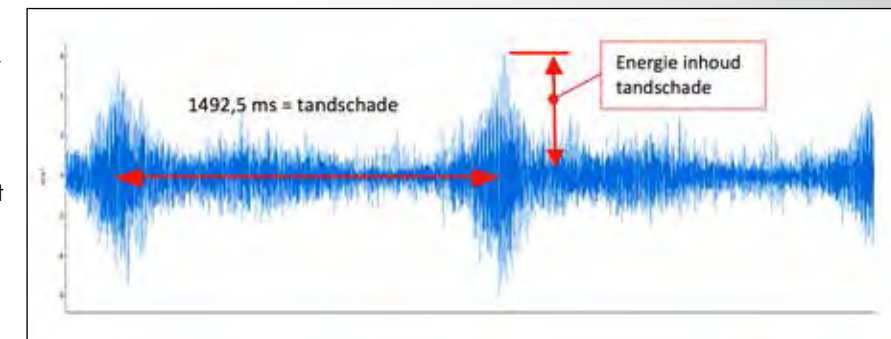
Met andere woorden: deze Redurex tandwielkast met zijn vier assen heeft acht meetpunten. Elke as wordt ook nog eens axiaal gemeten omdat elke tandtrap een schuine vertanding heeft, dit om het geluid te beperken. Bij de energieoverdracht in een tandtrap gaat er daarom ook een hoeveelheid energie de axiale richting in. Niet dat deze energie kwijt is, want de volgende trap heeft een schuine vertanding de andere kant op. De opname van de trillingen die er toe doen, worden met verschillende spectra-instellingen gedaan. 'Filters' heet dat in vakjargon. Elk filter legt specifieke problemen bloot. Wat een analist wil zien, bepaalt hij daarom van tevoren. Meestal zijn vijf filters voor een tandwielkast wel voldoende. Uitgegaan wordt dan van een 5000 Hz. breed spectrum voor de tandingsrijping van de eerste trap en smeerproblemen en een 1000 Hz. spectrum om het geheel te toetsen aan de ISO-norm, voor gevorderde lagerschade en de tweede en derde trap. Tijdsignalen verraden resonanties en onrechtmatigheden in de tandoverdracht, plus beginnende lagerschade. Maar hoe kan nu oorzaak van het merkwaardige gegrom worden gevonden?

Betrapt

De eerste trap van de tandwielkast heeft een rondsel met elf tanden. Het tegenwiel heeft er 28. De ingaande as draait met een snelheid van 1128,5 toeren per minuut ofwel gedeeld door zestig, 18,8 Hz. Als dit wordt vermenigvuldigd met de elf tanden, dan bedraagt de tandingsrijping 206,8 Hz. Als we deze tandingsrijping delen door de 28 tanden van het tegenwiel, dan draait de tweede as 7,38 Hz. Eenzelfde berekening kan ook gemaakt worden voor de tweede trap met 15 op 59 tanden en de laatste trap die twaalf op respectievelijk 47 tanden telt. De vierde as draait uiteindelijk 0,48 Hz. ofwel 28,8 toeren per minuut. Keren wij terug naar trap 1 met de tandingsrijping van 206,8 Hz.

Drie momenten

In de energieoverdracht in een tandtrap zijn drie momenten te onderscheiden. Het eerste moment is het moment van inkomende. Het tweede moment is de energieoverdracht en het derde moment is het loslaten uit de tandingsrijping. Deze drie



Figuur 1. Het tijdsignaal van de eerste trap laat een repeterende schade zien op een afstand van 1492,5 milliseconden.

momenten komen nagenoeg tegelijk voor. In het tweede moment zullen beide tanden microscopisch klein buigen. Juist hiervoor dient de minimale speling tussen twee tanden. Voor de beoordeling van de werking van een tandingsrijping moeten deze drie momenten bestudeerd worden. Dit zijn dus de amplitudes 206,8; 413,6 en 620,4 Hz. Nemen de drie amplitudes qua energieniveau toe, dan is sprake van slijtage. Als de middelste dominant is, gaat de energieoverdracht in de tandtrap over slechts een gedeelte van de tandbreedte. Dit kan gebeuren als de tandwielkast bijvoorbeeld een losse boutverbinding heeft of als de kast scheluw staat op haar fundatie. In de laatstgenoemde situatie staan de assen niet meer zuiver parallel. Soms kan er ook een los tandwiel op de as zitten. In ieder geval geeft het een versnelde vermoeiing in de vertanding, met als bijwerking de kans op het sneuvelen van stukjes tand. Maar ook sneuvelende tanden grommen niet.

Wanklanken

Elke tandwielkastprobeerder in het ontwerp van een tandtrap de groots gemene deler te vinden. Voorkomen moet worden dat tandenaantallen van een trap deelbaar op elkaar zijn. Toch is dit niet altijd mogelijk omdat verschillende toepassingen steeds andere specifieke, uitgaande toerentallen vereisen. Om die reden moet er met verschillende overbrengingsverhoudingen en tandenaantallen worden gewerkt. Dit vraagt knutselwerk omdat de inbouwmaten van een seriekast een vast gegeven is. Als tandenaantallen onverhoopt toch op elkaar deelbaar zijn, ontstaat er een 'tandtrein'. Als een trap bijvoorbeeld 25 op 50 tanden heeft, dan heeft de over-

brenging twee tandtreinen waardoor de theoretische levensduur halveert. In ons geval heeft de eerste trap elf op 28 tanden. Elf is een priemgetal en daarom duurt het elf maal 28 tanden voordat dezelfde twee tanden van beide tandwielen elkaar opnieuw ontmoeten. Zo worden de onvermijdelijke fabricageverschillen over alle tanden uitgesmeerd. In de volksmond heet dit het 'inlopen' van een tandwielkast. Het tijdsignaal van de eerste trap laat een repeterende schade zien op een afstand van 1492,5 milliseconden (zie figuur 1). Dit verbeeldt het merkwaardige, grommende geluid. Om de oorzaak van de repeterende schade te vinden, is er nog een andere formule die uitgeprobeerd kan worden. Deel de tandingsrijping van 206,8 maar eens door 11*28. Uit deze rekensom komt dan 0,67 Hz. Omdat in de wereld van de trillingen wordt gewerkt met de eenheid seconde, delen we vervolgens 1000 milliseconden door 0,67 Hz. en de uitkomst is dan 1492,5. Dit is precies de tijdsduur tussen het tandengeknars. Voilà! Het merkwaardige grommende geluid uit de tandwielkast is nu verklaarbaar. De oorzaak van het gegrom zijn 'jagende tanden'. Op een tandenstel, één tand van het rondsel en één tand van het tegenwiel, zit een schade. Zo iets kan komen als er iets hardtussen twee tanden is vermalen en daar een beschadiging heeft veroorzaakt. Het lijkt duidelijk dat de tandwielkast gereviseerd moet worden. Hoewel dit voor een leek misschien erg voor de hand liggend is, vindt een volwassen trillinganalist dit helaas iets te kort door de bocht. Het is tenslotte ook een uitdaging om te weten dat het de tanden zijn die aan het jagen zijn. En niet nog iets anders. ■

De drietrapsstandwielkast in deze pomp van het Betuwse gemaal 'gromt'.

