



De attractie wordt aangedreven door twee elektromotoren van elk 37 kW

Tweedracht tussen pompenpaar

In een recreatieoord liggen twee elektromotoren broederlijk naast elkaar onder de loopplanken van een carrousel. Broederlijk? Jazeker want de motoren zijn op hun taak berekend en uit aangekoppelde hydropompen komt niets waar de aandrijvingen zich aan zouden kunnen storen. Desondanks produceren beide units samen een ongewoon geluid en om de twee jaar gaat er wel een aandrijfmotor stuk.

Wim van der Have



Het ongewone geluid neemt in sterkte toe en af. Het gebeurt met tussenpozen van 6 seconden. Of de motoren nou belast worden of niet, het deinende geluid blijft altijd afwisselend aanwezig. De nieuwe onderhoudsmonteur vindt het geluid maar niets en nodigt een trillingsanalist uit om eens te komen meten. Vanonder de loopplanken van de attractie klinken dan de spannende woorden: resonantie door interferentie.

FASEHOEK

De attractie in het recreatieoord trekt veel bezoekers en de carrousel kan met verschillende pro-

gramma's worden geladen. Voor elke leeftijd is er wel wat wil(d)s. Het geheel wordt aangedreven door twee elektromotoren van elk 37 kW. Aan deze motoren zitten hydropompen vastgeschroefd. De ene hydro-unit heft de verticale beweging van de attractie, de andere unit centrifugeert de kinderen. Het deinende geluid uit het pompenpaar heeft veel van doen met centrifugaalkracht. Beide rotoren in de aandrijfmotoren hebben deze kracht net zoals elk ander apparaat dat een beetje toeren maakt. Het ontstaan van centrifugaalkracht is uit te leggen met de voorstelling

van een ronde schijf. Als de schijf in diameter precies doormidden gedeeld wordt, zal, hoe nauwkeurig de deling ook, een helft meer moleculen of elementen bevatten. Als de schijf gaat draaien, wil de 'zwaardere' helft naar buiten toe, van het middelpunt vandaan. Hierdoor ontstaat de centrifugaalkracht. Deze kracht wordt sterker naarmate het toerental toeneemt. Elke centrifugaalkracht heeft ook iets bijzonders. Ze is scharnierbaar verbonden met het toerental. Naarmate het toerental van een rotor toeneemt, hoe meer de sterker wordende centrifugaalkracht daarbij achterblijft. Dit verschijnsel doet zich ook voor

bij een emmer water die aan een elastiek wordt rondgeslingerd. Tijdens het rondjes draaien, blijft de emmer achter bij de arm (zie figuur 1). De emmer zal meer achterblijven bij de arm als de draaiing wordt versneld. Dit achterblijven van de emmer bij de arm heet in de werktuigbouw 'fasehoek'. De draaiing van de arm is het toerental en die noemen we 'hoeksnelheid'.

INTERFERENTIE

Keren we terug naar het pompenpaar met het deinende geluid. De motoren en pompen zijn afkomstig van dezelfde fabrikant. Ze zijn in alles een exacte tweeling. De beide units zijn aangesloten op het openbare elektriciteitsnet zonder tussenkomst van frequentieregelaars. Toch draaien de motoren niet hetzelfde toerental. Hoe gelijk ook er treden toch altijd productiever verschillen op of slijtage door de tijd. De ene motor maakt tien toeren per minuut minder dan de naastgelegen elektromotor. De langzamer draaiende motor wordt steeds ingehaald en gepasseerd door de andere, sneller draaiende motor. Als de fasehoeken bij elkaar in de buurt komen, verminderen de centrifugaal-

krachten zich en daarmee ook het geluid. De beide motoren zijn dan *in* fase. Een tijdje later, na het passeren, komen de fasehoeken tegenover elkaar. De centrifugaalkrachten worden dan van elkaar afgetrokken en het geluid neemt af. De motoren zijn dan *uit* fase. De hierdoor ontstane interferentiekraft draait met een snelheid van het toerenverschil

deinen. De enig overblijvende oplossing is een scheiding van het hydrostel. Daarvoor moeten ze beide van het gezamenlijke frame gehaald en per unit op een eigen fundatie komen, het liefst in beton gegoten. Een prima oplossing maar wel een die in de papieren loopt. Tenslotte wordt besloten tussen de motorvoeten van de beide units en

De 'trilweg' wordt door het rubber onderbroken

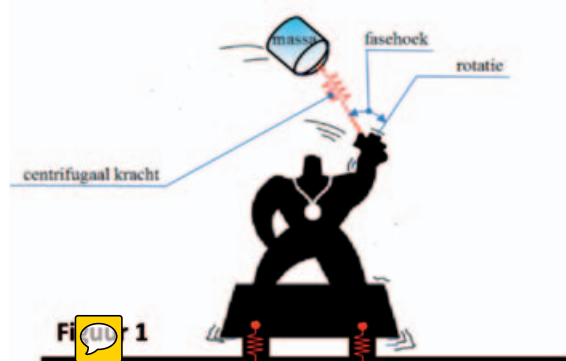
tussen de twee motoren (zie figuur 2). De wisselende kracht uit zich als wisselende trillingen en wisselend geluid. Het is niet moeilijk te raden op wiens bordje die fluctuerende krachten komen. Dat zijn natuurlijk de lagers in de motoren.

SCHEIDING

De nieuwe monteur voelt er niets voor met enige regelmaat de lagers uit de aandrijfmotoren te vervangen. De aandrijvingen zijn al eens gebalanceerd om de centrifugaalkrachten en dus de trillingen te verminderen. Tevergeefs. Het stelletje blijft onverminderd

de fundatie dun maar stevig rubber te monteren. Het rubber moet zo de doorgifte van de centrifugaalkrachten, de trillingen en het geluid ongedaan maken. De 'trilweg' wordt door het rubber onderbroken. De fundatiebouten worden met een dubbele moer geborgd tegen het loskomen. Bij de eerstvolgende opstart, is het resultaat van de onderhoudsactie meteen duidelijk. Het deinende geluid is verdwenen en nu inmiddels twee jaar later heeft dezelfde 'niet meer zo nieuwe' monteur de motorlagers nog steeds niet gewisseld voor nieuwe exemplaren.

Figuur 1. Naarmate het toerental van een rotor toeneemt, hoe meer de sterker wordende centrifugaalkracht daarbij achterblijft. Dit verschijnsel doet zich ook voor bij een emmer water die aan een elastiek wordt rondgeslingerd



Figuur 2. Langzaam meedraaiende interferentiekraft. De stippelijntje tussen beide schijven stelt de interferentiekraft voor. Die draait met de schijven mee met een snelheid van het toerenverschil tussen de beide schijven. De pijlen zijn de niet veranderende fasehoek per schijf maar wel ten opzichte van elkaar. Bij meer dan 10 procent toerenverschil verdwijnt de interferentiekraft omdat deze dan te weinig tijd krijgt om zich op te bouwen. In de tekening zijn de schijven in fase. De interferentiekraft bouwt zich op van 0° tot 90° en af naar 180° om bij 270° te verdwijnen

