

Trillingsanalyse en de ‘bump test’

Onbalans, misuitlijning, instabiele stroming door ongunstig werkpunt van de pomp, zwakke fundatie, elektrische onvolkomenheden, lageringsmeringsprobleem, falende afdichting: het geijkte lijstje in publicaties over bedreiging langere termijn bedrijfszekerheid van pompen en elektromotoren. Verbazingwekkend hoe vaak *reliability killer #1* in zo'n lijstje ontbreekt: Resonantie!

Elke motor + pomp + fundatie + leidingwerkopstelling kent resonantiefrequenties, ook wel eigen frequenties genoemd. Elke opstelling bestaat nu eenmaal uit massa en elastisch staal. Resonantie betekent dat bij een gegeven trillingsfrequentie noch de stijfheid noch de massa van een constructie in staat is de aanstootenergie

in toom te houden. Integendeel mas-sakracht en veerkracht heffen elkaar juist op en alleen damping houdt de krachtwerking binnen de perken. He-laa heeft een gelast stalen constructie weinig damping. De krachtwerking, van mechanische, hydraulische of elektrische oorsprong komt bijna ongehinderd tot uiting in een hoog



Afbeelding 3: De bump test: een houten balk volstaat. (Foto: Oveducon)

trillingsniveau. Bij een iets hogere of iets lagere trillingsfrequentie neemt het trillingsniveau weer snel af.

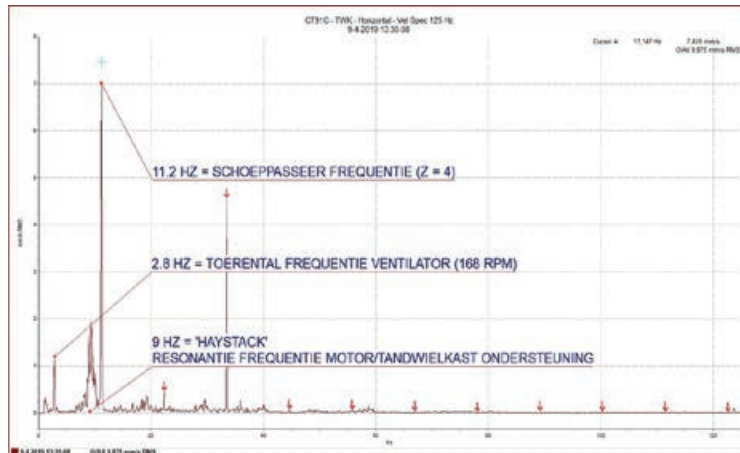
Resonantie vaak niet onderkend

Wanneer een aanstootfrequentie samenvalt met een resonantiefrequentie kan het trillingsniveau onacceptabel hoog worden. Té lange tijd bedrijf nabij resonantiefrequentie is recept voor een bedrijfszekerheidsprobleem. Wordt resonantie niet onderkend dan wordt vaak een heilloze weg bewandeld. Onbalanstrilling wordt door resonantie versterkt maar er speelt géén balanceerprobleem, nabalancen heeft geen zin. Opnieuw uitlijnen biedt vaak geen soelaas. Een *soft foot*, wat dit ook moge betekenen, is niet de boosdoener. Een strominggerelateerde trilling zoals hydraulische drukpulsatie bij een pomp (frequentie = aantal schoepen maal toerental-frequentie) is op zich niet fataal. Tenzij de drukpulsatiefrequentie samenvalt met de resonantiefrequentie van de overhangende waaier ('kritisch toerental'), van de pompfundatie-opstelling of van het leidingwerk dan is het wachten op vervroegde schade. Lagerschade, een lekkende afdichting of afbrekende bouten. Lageringontwerp herbezien heeft geen zin. Een andere mechanical-seal-fabrikant lost het probleem niet op.

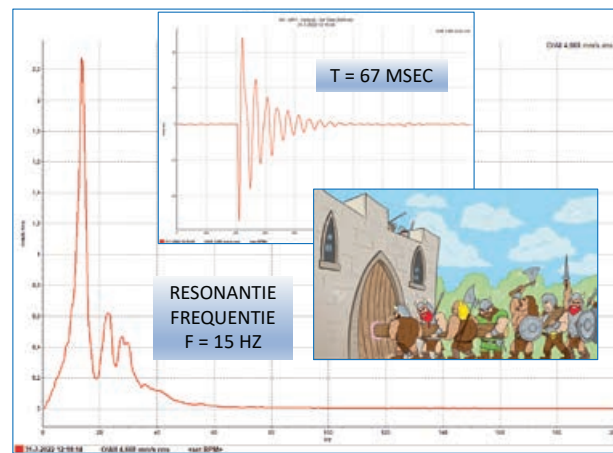
Resonantiestrillingen overgedragen via vloer of persleiding beschadigen lagers van de naburige, stilstaande, redundante pomp. Indien een vibratiesensor op een plek zit waar trillingen minimaal zijn maar pompbehuizingvervorming juist maximaal is, dan wordt een resonantieprobleem niet gedetecteerd en 'faalt' een conditiebewakingsprogramma. Wat blijkt maar al te vaak: het geijkte lijstje heeft een gemeenschappelijke noemer: resonantie!

Zwarte-pietenspel

Een resonantieprobleem is een systeemprobleem, vrijwel nooit een componentprobleem. Een uitzondering is bijvoorbeeld een kritisch-toeren-



Afbeelding 1: Een 'hooiberg' verraadt ligging resonantiefrequentie.



Afbeelding 2: Resonantiefrequentie verticale persleiding.

talprobleem bij een hoog-toerental e-motor of meertraps-hogedrukpomp. Vrijwel altijd zijn pomp, e-motor en fundatie in orde. Deze drie componenten aan elkaar 'knopen', wil nog niet zeggen dat het aandrijf'systeem' dan ook in orde is. De combinatie van die drie kan een hoog trillingsniveau opleveren bij een bepaald 'resonantie'-toerental.

Meteen dient zich een commercieel probleem aan: geen van de componentleveranciers acht zich, terecht verantwoordelijk voor een falende component. De hoofdaannemer zit als *system integrator* met een probleem. Doorgaans de partij met beperkte kennis van zaken, hetgeen geleid tot een frustrerend zwarte-pietenspel.

De bumpstest

Hoe toon je resonantie aan als *root cause*? Veel pomp aandrijvingen zijn toerental geregeld met een frequentieomzetter (FO). Dan wordt het eenvoudig: wanneer vanaf een bepaald toerental het trillingsniveau overproportioneel toeneemt bij een verder toenemend toerental en bij een nog hoger toerental weer sterk afneemt, dan is het bingo! Zonder FO kan een aanloop- of uitlooptest, mits niet te snel verlopend, ook resonantie aantonen.

Een 'haystack' of 'hooiberg' in het frequentiespectrum verraadt de ligging van een resonantiefrequentie.

Afbeelding 1 toont als voorbeeld een koeltorenventilatorondersteuning. Bij een bumpstest wordt in stilstand het pompframe, motorframe of leidingwerk aangestoten en de uittrilfrequentie gemeten met een frequentiespectrumanalyser (**afb. 2**). Een houten balk volstaat (**afb.3**). Kan ook bij een in bedrijf zijnde machine mits deze buiten resonantie draait (**afb. 1**). Niet zelden kan een trillingsanalist meteen tot de kern van het probleem doordringen door eerst de mogelijkheid van resonantie als primaire oorzaak af te vinken middels een bumpstest, aan-/uitlooptest of letten op een 'haystack' in het frequentiespectrum van de trillingen.

Ellende voorkomen

Kan een hoop ellende voorkomen worden door vooruitberekening in de ontwerpfase? Ja, mits het dynamisch gedrag, lees resonantiefrequentie ook systematisch gemeten wordt bij

inbedrijfstellingen op locatie en de data worden teruggekoppeld naar de ontwerpafdeling ter validatie van het rekenmodel. Die vooruitberekening is er zelden en die terugkoppeling al helemaal niet. Een resonantiefrequentiespecificatie schittert door afwezigheid in menig projectdossier. Een gulden middenweg is wellicht een ontwerp met ontsnappingsroutes. Bijvoorbeeld inbouw voorbereiden van extra ondersteuning(en) voor een persleiding. Of een stalen subframefundatie achteraf ingieten met krimp vrij kunststofbeton. ●

Over de auteur

Arie Mol is zelfstandig adviseur, gespecialiseerd in trillingsanalyse en elektromechanische aandrijfstechniek. In de rubriek 'Mol maint't' worden onderhoudsgerelateerde en aanverwante eigenaardigheden bij pomp aandrijvingen belicht. Hij schrijft al sinds 2007 voor Pomp NL. Alle artikelen zijn na te lezen op de website: www.ariemol.nl.

Kritische pompontwerpen:

- Rioolgemalen met slanke persleiding en éénkanaalswaaier met hoge drukpulsatie bij één keer toerental frequentie ('hydraulische onbalans').
- Relatief stijve opstelling pompbehuizing met resonantiefrequentie 240 procent boven het maximumtoerental kan bij drie schoepen, 80 procent FO-uitsturing en hoge drukpulsatie door ongunstig werkpunt een verhoogd trillingsniveau geven.
- Over-kritisch draaiende hogedrukpomp, bijvoorbeeld ketelvoedingspomp met kritisch toerental onder bedrijfstoeental (< 2600 rpm resp. 3000 rpm).