

Trillingsproblemen **verticale** pompopstellingen

Elke motor-pompopstelling (én zuig- en perszijdig leidingwerk) kent resonantiefrequenties. Wanneer de resonantiefrequentie van de massa van motor en pompbehuizing tezamen met ondersteuningsstijfheid ruim boven maximaal bedrijfstoerental ligt, is er niets aan de hand. Bij ranke, slanke verticale opstellingen met een topzware motor en een direct daaraan geflensde relatief kleine pomp kan een resonantiefrequentie in het bedrijfstoerentalgebied liggen. Een hoofdpijndossier voor de maintenance engineer.

Wat is resonantie? Afhankelijk van de frequentie van de trilling waaraan een mechanische constructie wordt onderworpen, is doorgaans hetzij de massa hetzij de elasticiteit voldoende groot respectievelijk klein om het trillingsniveau binnen de perken te houden. Bij een bepaalde aanstootfrequentie heffen massa en elasticiteit van de reactiekrachten elkaar juist op. Dan kan alleen de demping het

trillingsniveau nog binnen de perken houden. Gelaste stalen constructies ontberen demping. En in een bepaald klein toerentalgebied kan dan het trillingsniveau gemakkelijk met een factor 10 of meer versterkt worden.

Resonantieprobleem

Als bij het stijgen van het toerental het trillingsniveau vanaf een bepaald toerental ineens veel meer dan pro-

portioneel toeneemt om vervolgens bij nog hoger toerental weer af te nemen, dan heb je te maken met een resonantieprobleem. Zonder resonantie-effect zou het trillingsniveau aanzienlijk lager en acceptabel uitvallen. Balanceren of opnieuw uitlijnen zal onvoldoende soelaas bieden. Een bumpstest zal de resonantie bevestigen. Daarvoor moet je de constructie in stilstand aanstoten met een houten balk of iets vergelijkbaars en de uittrilfrequentie meten.

Soorten

Bij pompaandrijvingen met een elektromotor zijn de belangrijkste aanstootfrequenties:

- Onbalans (1^* toerental frequentie) van waaier en rotor van de motor.
 - Druk pulsatie frequentie van de pompwaaier (N^* toerental frequentie, met N = aantal schoepen), de trillingsenergie is afhankelijk van het werkpunt nabij of buiten *Best Efficiency Point (BEP)*.
 - Bij e-motor de dubbele netfrequentie 100 Hz of dubbele uitgangsfrequentie van een frequentie-omzetter (FO).
- Een goed ontwerp ziet u in **afbeelding 1**. Een breed ondersteunend



Afbeelding 1. Resonantievrije, verticale opstelling.

tussenstuk geeft een resonantiefrequentie van 30 Hz in de horizontale bewegingsrichting terwijl het maximumtoerental 1350 rpm (22.5 Hz) bedraagt. Met zes schoepen wordt bij 300 rpm de resonantiefrequentie aangestoten maar met geringe energie. Laagtoerental motoren met een grote statordiameter met een direct aangedreven lage druk - grote flow poldergemaalpompe zijn robuust met een resonantiefrequentie ver boven het maximumtoerental.

Voorkomen beter dan genezen

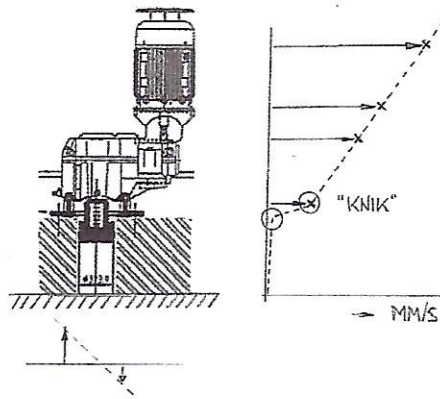
Bij een geringe trillingsenergie van de stoorbronnen is het trillingsniveau bij het resonantietoerental ook gering, ondanks resonantie. Zo niet dan is het trillingsniveau te hoog dankzij resonantie. Dat brengt de langere termijn bedrijfszekerheid van bouten en afdichting in gevaar.

'Notoire pompkiller: Resonantie!'

Resonantiefrequenties kunnen ongeveer worden voorspeld in rekenmodellen. Maar niet zoveel leveranciers nemen die moeite. De eindgebruiker moet dus maar afwachten of het goed gaat. Hij/zij kan zich contractueel indekken door doelmatige specificaties met betrekking tot resonantie op te stellen. En te verifiëren met een 'site acceptance test (SAT)'. Waar de petrochemie dit al decennialang hanteert, is dat in de Hollandse waterwereld nog zeker niet het geval.

Bewegingsvormanalyse

Na vaststelling dat het verhoogde trillingsniveau komt door resonantie moet een bewegingsvormanalyse worden gemaakt. Dit betekent visualiseren hoe de gehele opstelling beweegt bij de trillingsfrequentie waarbij resonantie optreedt. In het algemeen betekent gehele opstelling: motor +



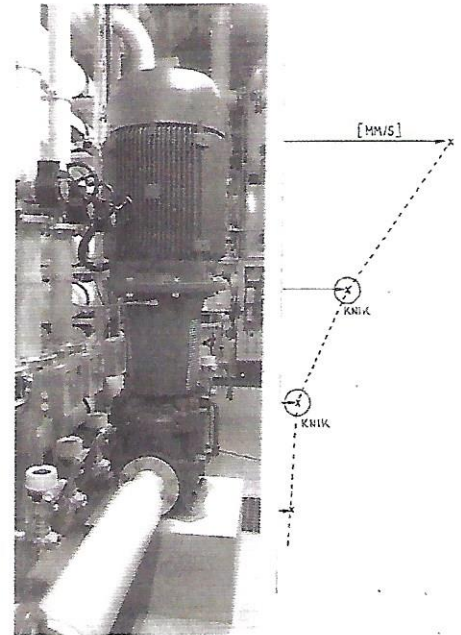
Afbeelding 2. Kritische beluchteropstelling.

pomp + fundatie + vloer + zuig-/persleiding. Een bewegingsvormanalyse laat zien waar de elasticiteit zit die de resonantiefrequentie bepaalt. Daaruit volgt waar de constructie moet worden aangepast teneinde de resonantiefrequentie te verschuiven naar een veilige waarde. Een bewegingsvormanalyse is niet zo moeilijk. Je moet slechts de 'knopen en buiken' en mee- en tegenfasebeweging opzoeken.

Beluchter

Afbeelding 2 toont de bewegingsvorm van een motor-tandwielkastopstelling van een beluchter. De resonantiefrequentie ligt bij 23 Hz en daarmee op 92 procent van het maximum bedrijfstoeental van de motor. Bij een 'knik' is de kromtestraal het kleinst dus de elasticiteit het grootst. Waar het verloop een rechte lijn toont, heeft aanpassing geen zin omdat de constructie daar 'oneindig stijf' is.

Doorgaans ligt het hoogste trillingsniveau op het hoogste punt. De echte bedreiging van de bedrijfszekerheid zit niet bij de motorlagering bovenin maar onder de tandwielkast. Namelijk bij de dynamische overbelasting op de ankerbouten, daar waar het trillingsniveau juist heel laag is! De diagnose is duidelijk. De onderzijde van de tandwielkast is onvoldoende stijf met het betonblok eronder verankerd.



Afbeelding 3. Kritische pompopstelling.

Pompopstelling

Bij de opstelling van afbeelding 3 heeft de topzware constructie een zeer lage resonantiefrequentie van 10 Hz. De dominante 'knik' zit onderaan het tussenstuk. Op deze locatie is het trillingsniveau weliswaar laag maar de dynamische belasting op de flensbouten en het laswerk juist hoog. Gelukkig ligt 10 Hz ruim onder het minimum bedrijfstoeental en is de bedrijfszekerheid niet in het geding. Het levert wel een 'over-kritisch' draaiende pompopstelling op. Elastisch ontwerpen is dynamisch gezien niet onacceptabel. Maar hier vermoedelijk een geval van meer geluk dan wijsheid.

De bewegingsvorm laat zien dat een permanente trillingsopnemer op de pomp een té rooskleurig beeld laat zien. ●

Over de auteur

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