



Hoofdpijndossier: resonantie in pompfundatie

Niet elke fundatie krijgt de aandacht die zij verdient

Een goede fundatie is, letterlijk, de basis voor een trillingvrije en bedrijfszekere pompinstallatie. Een goed fundatieontwerp kan toch een hoofdpijndossier worden. Trillingsanalyse biedt dan de juiste diagnose en toont de weg naar een effectieve remedie.

Arie Mol

Een nieuwe elektromotor voor een pompaandrijving (motor/pomp-toerental 1500 rpm) blijkt bij de inbedrijfstelling met name in de horizontale bewegingsrichting een abnormaal hoog onbalans trillingsniveau te hebben. In het algemeen wijst een groot verschil tussen trillingsniveau in horizontale en verticale bewegingsrichting op een resonantiegevoeligheid in de opstelling. Dat er inderdaad resonantie in het spel moest zijn, bleek al snel uit een aantal andere waarnemingen. Bij uitlopen van de ongekoppelde motor was het tril-

lingsniveau tussen 0 en 1300 r/min laag, bij 1400 r/min veel hoger en bij bedrijfstoerental 1500 r/min weer iets lager dan bij 1400 r/min. Een fasezwaai van de onbalanscomponent van meer dan 90 graden tussen 1500 en 1300 r/min was eveneens een sterke indicator voor resonantie. Zekerheid bracht het aanslaan van het motorframe in horizontale bewegingsrichting, de zogenoemde 'bump-test'. Een stevige houten balk voldoet hierbij. De motor trilt dan uit in de resonantiefrequentie, en jawel, in het frequentiespectrum was er

een piek bij 23 Hz (1380 r/min)!

STIJVER OF ELASTISCHER

Voor een trillingsanalist staan als remedie twee opties open: het verstemmen van de resonantiefrequentie door de constructie stijver of juist elastischer te maken. Hoe dan ook, de resonantiefrequentie moet ruim uit de buurt van toerental frequentie 25 Hz (1500 r/min.) gebracht worden. De veilige marge is minimaal $\pm 25\%$. Een resonantiefrequentie in het gebied 20 – 31 Hz dient vermeden te worden. Maar waarom was die resonan-

tiefrequentie eigenlijk zo laag? De opstelling als zodanig zag er toch behoorlijk stevig uit, zoals figuur 1 laat zien: een stevig motorframe, een stevige betonnen fundering en daartussen een stevig stalen subframe met ingegoten beton.

MODALE ANALYSE

Hoe verschuif je een resonantiefrequentie? Dan moet je eerst vaststellen waar de bepalende elasticiteit en massa zich bevinden die samen de resonantiefrequentie bepalen. Modale analyse biedt dan uitsluitsel. Hierbij wordt de bewegingsvorm van het geheel in beeld gebracht. Dit is uitgevoerd voor de onbalanstrilling in horizontale bewegingsrichting (figuur 1). Van onder naar boven gezien neemt het trillingsniveau toe. Daar waar een verandering van trillingsniveau volgens een rechte lijn verloopt (de kromtestraal is 'oneindig'), is de constructie 'oneindig' stijf. Daar kun je weinig aan veranderen. Zoals is te zien in figuur 1 gedraagt het gehele motorframe zich als een 'rigid body', met een zekere massa en zeer hoge stijfheid. Dit geldt ook voor de fundering: ook weer een rechte lijn. Eén detail is essentieel: de 'knik' ter hoogte van de motorvoeten. Zo'n knik betekent een eindige kromtestraal en hier zit

dan ook de bepalende elasticiteit die samen met de motormassa de resonantiefrequentie op een ongewenste 23 Hz brengt. Verstemmen moet dus op deze locatie plaatsvinden. Waarom was de constructie hier zo (relatief) elastisch?

GROUTING PROBLEEM

De fundatie aanslaan rondom de motorvoeten leverde een fraai 'tingting-tongtong Wilhelmus' op: het stalen frame bleek op veel plaatsen los te zitten van het ingegoten beton. Er was geen krimp vrij beton toegepast. Een gespecialiseerd bedrijf werd erbij gehaald om krimp vrij kunststofbeton in de luchtspleten te injecteren. Nadat dit materiaal de volgende dag was uitgehard, kon middels een bump-test worden vastgesteld dat de resonantiefrequentie was verschoven van 23 naar 33 Hz. Een trillingsanalist kan dan rustig profeteren dat het probleem is opgelost vóórdat de motor opnieuw wordt gestart. En inderdaad, het hoofdpijndossier kon worden gesloten.

METEN IS WETEN

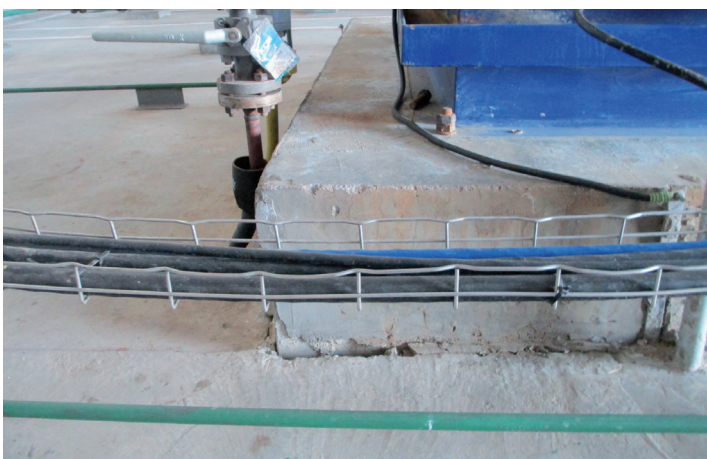
De reden dat een nieuwe motor was aangeschaft, had te maken met de vele vruchteloze balanceering- en uitlijningssessies bij de

oude motor. Dat zorgde volop voor frustraties bij het balanceerbiedrijf en de uitlijntechnici. De oude motor was ten einde raad opgegeven. Achteraf was dat onterecht, want die praktisch even grote en zware oude motor functioneerde natuurlijk slecht vanwege een niet ontdekt resonantieprobleem.

DRUKPULSATIE

Niet alleen onbalans kan als aanstootbron fungeren, ook drukpulsatie kan de boosdoener zijn. Moderne centrifugaalpompen met een 'marktconform' hoog piekrendement kennen nauwelijks drukpulsatie in het BEP (Best Efficiency Point), maar des te meer erbuiten. Zo kan een pomp met drie schoepen bij een ongunstig werkpunt relatief veel trilling genereren bij drie maal de toerental frequentie, de zogenoemde schoeppasseerfrequentie. Een relatief stijve ondersteuning met een resonantiefrequentie nabij drie maal toerental frequentie kan dan toch een serieuze bedreiging worden voor de bedrijfszekerheid op lange termijn van de pomplagering of het mechanical seal. Frequentie geregelde aandrijvingen met werkpunten buiten BEP zijn extra gevoelig voor schade door resonantiestrillingen.

Barsten in de vloer, een veeg teken...



Figuur 1: Een e-motor op een stevige (?) betonfunderatie

