

Torsietrillinganalyse, deel 2

In de vorige uitgave van Pomp NL (nummer 3, juni 2023) ging het over torsietrillinganalyse bij roterende delen van zuigercompressoren en verbrandingsmotoren. Torsietrillingen treden ook op bij stationaire delen van dit type machines. En ook bij centrifugaal-pompaandrijvingen kunnen torsietrillingen optreden. Het gaat dan om een torsiebewegingsvorm.

Kenmerkend voor zuigermachines is de transformatie van een lineaire zuigerbeweging naar een roterende krukasbeweging. Hierdoor ontstaat een oneenparige, dat wil zeggen een niet-constante rotatiesnelheid van de as. De variatie van rotatiesnelheid is feitelijk een koppelpulsatie en deze krachtwerking resulteert in torsietrillingen. Fabrikanten van zuigermachines minimaliseren torsietrillingen met behulp van een voldoende groot vliegwiel en/of een roterende torsiedemper.

Volgens het actie=reactie-principe manifesteren torsietrillingen zich ook op stationaire delen. Het gaat dan om een typische 'torsie'bewegingsvorm. In tegenstelling tot torsietrillingen van roterende delen kunnen torsietrillingen op stationaire delen wel worden gemeten met conventionele trillingopnemers.

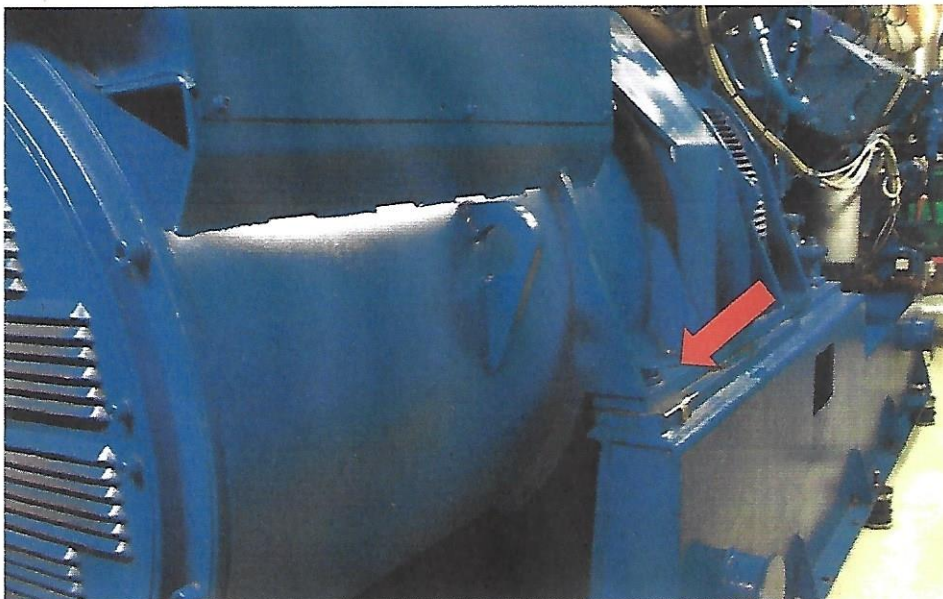
Torsietrilling generatorset
Afbeelding 1 toont twee voorbeelden van een torsietrillingbewegingsvorm van een generatorset met biogas-

motor of dieselmotor. Het kan ook gaan om een zuigercompressor met elektromotoraandrijving. Een torsietrillingbewegingsvorm wordt geanalyseerd door de amplitude en fasehoek van de dominante frequentiecomponent te meten op een aantal locaties (cross channel phase analysis). Tenminste bij de voeten van de machines in de X, Y en Z bewegingsrichtingen. Afbeelding 1 toont zo'n 'modale analyse' in de verticale bewegingsrichting (Z).

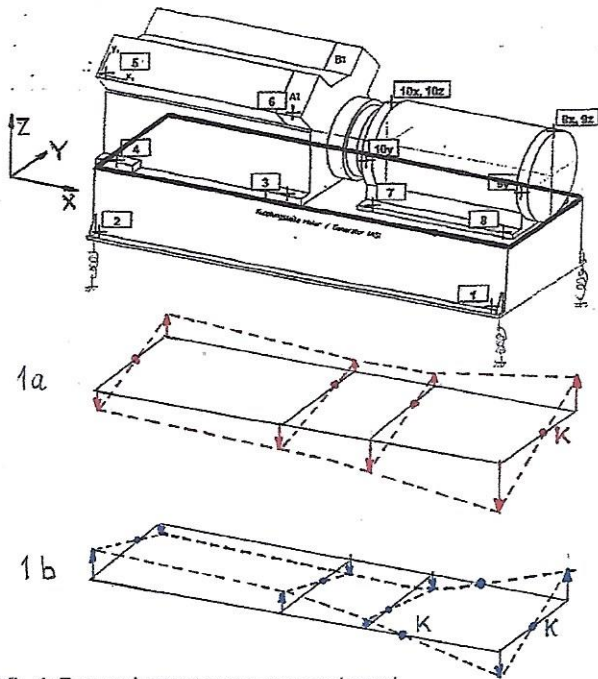
De zuigermachine genereert torsietrillingen. Aan beide zijden van het frame zal beweging (bijna) tegenfasig kunnen zijn (afb. 1a). De generator zal dezelfde bewegingsvorm kunnen tonen. Worden er knooppunten (K) gevonden (amplitude is vrijwel nul) dan is er sprake van resonantie. In geval 1a beweegt het aggregaat als een geheel ten opzichte van de trillingdempers. De resonantiefrequentie wordt bepaald door het totale massa-traagheidsmoment van het aggregaat en de elasticiteit van de trillingdempers. Dit is de zogenaamde eerste torsie-kritische van het aggregaat. Er kan schade ontstaan aan onderdelen die het aggregaat verbinden met de buitenwereld. Zoals compensatoren van de motorkoeling en kabelschoenen in de generatoraansluitkast. Een eventuele remedie is een andere hardheid van de trillingdempers te kiezen.

Tegenfasige beweging

Bij afbeelding 1b is er sprake van een tegenfasige beweging tussen dieselmotor en generator. De trillingsfrequentie is hoger dan bij 1a. Worden er knooppunten gevonden dan is er weer sprake van trillingsniveaueverhoging ten gevolge van de resonantie. Hier gaat het dan om de zogenaamde tweede torsie-kritische van het aggregaat. Deze resonantiefrequentie



Afb. 3: Een voetbout van generator lossen, remedie?



Afb. 1: Bewegingsvormen generatorset.

wordt bepaald door enerzijds het solide massa-tragheidsmoment van het dieselmotorframe en anderzijds het solide massa-tragheidsmoment van het generatorframe en daar tussenin de torsie-elasticiteit van het stalen subframe eronder. Vroegtijdig ontstaan scheuren naast lasnaden of breken kabelschoenen en boutverbindingen door vermoeiing. Doorgaans is het trillingsniveau op de niet-aandrijfzijde van de generator het hoogst. Dat wordt niet veroorzaakt door de component generator maar door het aggregaat als samengesteld systeem. De oplossing is aanpassing van het stalen subframe. En een onorthodoxe remedie kan zijn het lossen van een voetbout van de generator (afb. 3). Hierdoor kan de resonantiefrequentie net genoeg de goede kant op verschuiven en het trillingsniveau reduceren. Deze truc moet u overigens ook na een revisie weer toepassen!

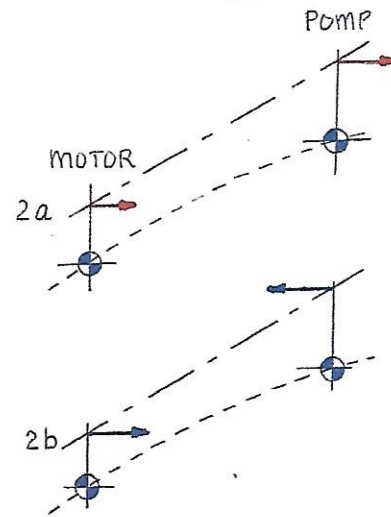
Torsietrilling pompaandrijving

Centrifugaalpompompe kennen een vrijwel constante rotatiesnelheid en wekken daarom nauwelijks torsietrillingen op. Niettemin kunnen er ook bij pompaandrijvingen torsietrillingen optreden. Wanneer het aangrijpingspunt van motoronbalans en van pompwaaieronbalans hoger ligt dan de zwaartepuntlijn van de gehele

motor-pompopstelling ontstaat er een kracht * arm moment. Liggen de onbalanskrachten in fase (afb. 2a) dan ontstaat een laterale beweging. Zijn de onbalanskrachten in tegenfase (afb. 2b) dan wordt pomp-motor subframe onderworpen aan torsietrillingen. Meestal is het onbalansniveau acceptabel laag en wordt de langere termijn bedrijfszekerheid niet bedreigd. Echter bij resonantie is het wachten op problemen. Een remedie kan dan zijn het stalen subframe vol te gieten met krimp-vrij kunststof beton. De resonantiefrequentie verschuift doorgaans voldoende. Soms kan men achteraf spijt krijgen van het 'preventief' ingieten! De koppeling openen en de rotor van de motor 150 .. 210 graden draaien kan ook helpen het trillingsniveau te reduceren.

Motion Amplification Camera

Een nieuwe technologie bestaat uit een camera met bijbehorende software die vertraagde en vergrote beweging visualiseert. Dit is een alternatief voor de klassieke, handmatige, modale analysemethode zoals hierboven beschreven. Het is dan wel essentieel om tenminste twee van de drie X, Y en Z bewegingsrichtingen in beeld te brengen. Bij grote installaties is het niet altijd mogelijk om de camera op voldoende afstand te plaatsen. Lokale onvolkomenheden



Afb. 2: Bewegingsvorm motor-pompopstelling.

zoals een losse verankering van een voetbout kunnen prima worden gevisualiseerd. ●

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 website: www.ariemol.nl

Leerboek Trillingsanalyse

Meer over torsietrillinganalyse vindt u in het 'Leerboek Trillingsanalyse'. Gratis te downloaden vanaf de website www.ariemol.nl.

Resonantietrillingen

Wanneer bij toenemend toerental het trillingsniveau ineens meer dan proportioneel toeneemt en vervolgens bij nog hoger toerental sterk afneemt, dan is er sprake van resonantie. Te lang bedrijf nabij dit resonantietoerental kan het trillingsniveau meer dan tienvoudig hoger laten oplopen met vroegtijdige schade als onvermijdelijk gevolg.