

Torsietrillinganalyse, deel 1

Torsietrillingen van roterende delen van een pomp, zuigercompressor of verbrandingsmotor kunnen doorgaans niet met conventionele trillingopnemers worden gemeten. Een torsietrillingprobleem blijft lang onopgemerkt totdat een koppeling defect raakt of een afdichting gaat lekken. Torsietrillingen kunnen ook optreden bij stationaire delen van een aandrijving. Daarover gaat deel 2 in een volgende uitgave van PompNL.

Wanneer een as met constante hoeksnelheid roteert, dan is er geen torsietrilling. Het toerental is constant. Wanneer het toerental periodiek varieert tussen een maximumwaarde en een minimumwaarde rondom een gemiddeld constante waarde, dan is er sprake van een torsietrilling (zie **afb. 1**). Het verschil tussen maximum en minimum bepaalt de grootte van de torsietrilling. Het ritme waarin het toerental varieert tussen deze twee uitersten is de frequentie van de

torsietrilling. Een torsietrilling wordt uitgedrukt in een percentage [%]. Toerentalvariatie van een massa draagmoment betekent koppelpulsatie. En koppelpulsatie betekent weer motorstroompulsatie bij een elektromotoraandrijving. Torsietrilling, toerentalvariatie, koppelpulsatie en motorstroompulsatie houden direct verband met elkaar.

Bij een zuigermachine veroorzaakt de transformatie van de lineaire zuigerbeweging naar een roterende

asbeweging een oneenparige rotatie van de krukas. Een dieselmotor heeft een vliegwiel teneinde die oneenparige beweging, dus koppelpulsatie, dus torsietrilling, binnen de perken te houden. De grootte van het vliegwiel wordt zodanig gekozen dat torsietrilling kleiner dan een procent is.

Best efficiency point

Komen torsietrillingen ook voor bij centrifugaalpomp? Produceert een centrifugaalpomp koppelpulsatie, oftewel drukpulsatie? Niet of nauwelijks wanneer het werkpunt van de pomp nabij het best efficiency point (BEP) ligt. Een waaier met meerdere schoepen verdeelt de hydraulische energie, dus ook eventuele drukpulsatie over meerdere schoepen. Maar koppelpulsatie kan wel ontstaan bij een hoogrendement eenkanaalschroefwaaier zoals tegenwoordig veel wordt toegepast in visvriendelijke, Hollandse poldergemalen. Een eerste indicatie van aanwezigheid van torsietrilling kan zijn een periodieke variatie van de ampèremeter op het besturingskastpaneel. Of een fluctuerend geluidbeeld.

Veel pomp aandrijvingen in de polder zijn een samenstelling van frequentie-omzetter (FO), elektromotor en pomp. Een eventuele koppelpulsatie uit het werktuig zal door de elektromotor gevolgd worden. Immers een elektromotor levert wat het werktuig vraagt. De FO echter probeert de uitgangsfrequentie op een gewenste waarde te houden. En een constant toerental conflicteert met de torsietrillingen. De frequentieregelaar van de FO kan een ontdempende factor zijn terwijl de rotorstaven van de elektromotor juist weer dempen. Bij torsietrillingen gaat het vrijwel altijd om interactie tussen meerdere, op zich goed ontworpen componenten.



Afb. 4: Zelfbouw torsietrillinganalyser.

Torsieresonantiefrequentie

Meestal is koppelpulsatie van een toelaatbaar niveau. De langere termijn bedrijfszekerheid van de aandrijving wordt niet bedreigd. Problemen zullen pas ontstaan wanneer een torsieresonantiefrequentie wordt aangestoten. Bij een dieselmotoraandrijving is een belangrijke torsieresonantiefrequentie de zogenaamde, eerste kritische torsieresonantiefrequentie. Deze wordt enerzijds bepaald door het massastraagheidsmoment van de dieselmotor, op zijn beurt vooral bepaald door het massastraagheidsmoment van het vliegwiel. Anderzijds zorgt het massastraagheidsmoment van het werktuig (pompwaaier of generatorrotor) en daartussen de torsie-elasticiteit van de torsie-elastische koppeling voor problemen. Die koppeling moet torsie-elastisch zijn om overdracht van torsietrillingen van dieselmotor naar werktuig te minimaliseren. Wordt te lange tijd bij een bepaald toerental deze eerste torsie kritisch aangestoten, dan is het wachten op scheuren in het rubber van de elastische koppeling. Tijdens bedrijf zijn deze *cracks* goed zichtbaar met een stroboscoop. In stilstand sluiten de scheuren zich en zijn vrijwel onzichtbaar.

Bij pompaandrijvingen gaat het meestal om massastraagheidsmoment

van pompwaaier en rotor van motor en daartussen torsie-elasticiteit van een lange tussenas (zie **afb. 2**). Omdat massastraagheidsmoment van een eenkanaalswaaier doorgaans veel groter is dan dat van de rotor van de motor, wordt de eerste kritische voornamelijk bepaald door rotor van motor en tussenas. De pompwaaier met of zonder gekoppelde water-massa maakt dan weinig verschil. Op zich is een torsieresonantiefrequentie geen probleem. Tenzij er een impuls-vormig aanstootmechanisme actief is.

Metten is weten

De klassieke manier om torsietrillingen te meten, is het plakken van rekstrookjes op een roterende as. Nogal omslachtig omdat er een batterij en zender moet mee roteren. Er kan ook gebruik worden gemaakt van een hoogfrequent pulstreinsignaal [kHz] bijvoorbeeld van de magnetische pick-up nabij de tandkrans van het vliegwiel van een dieselmotor. Of van een aan de as van een dc of ac elektromotor gekoppelde incrementele encoder. Met een eenvoudige elektronische FM-demodulatorschakeling wordt het frequentiespectrum van de torsietrillingen zichtbaar gemaakt op een frequentiespectrumanalyser (**afb. 3 en 4**). Zo'n meting kan tijdens bedrijf

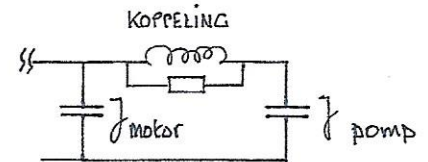
$$\delta = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\omega_{\text{mean}}} * 100 \%$$

waarin

δ	[%]	: oneenparigheidsgraad
ω	[rad/s]	: hoeksnelheid

$$\omega = 2 * \pi * \text{RPM}/60$$

Afb. 1: Definitie torsietrillingniveau.

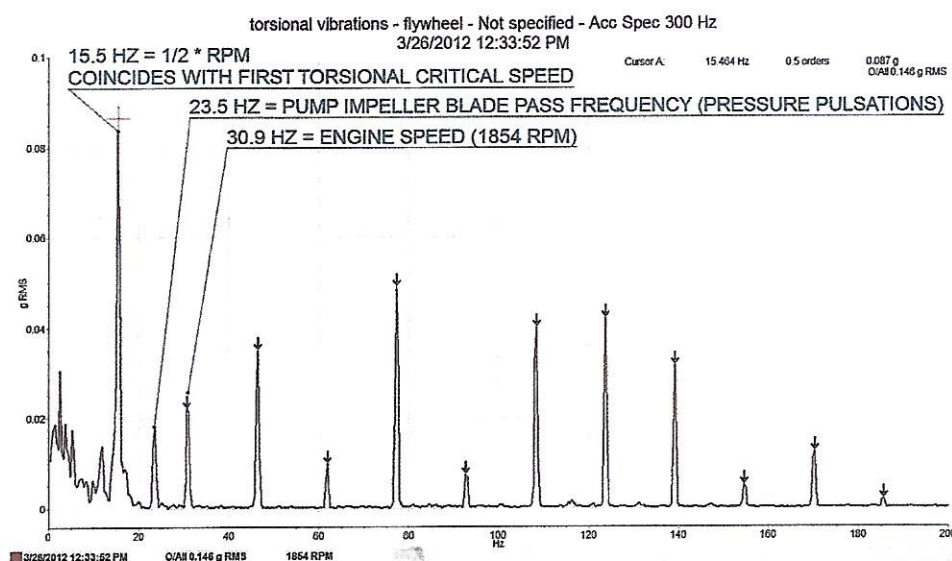


Afb. 2: Vereenvoudigd elektrisch analogon.

worden uitgevoerd. Een reflecterende 'barcode' op een koppelingshelft en een optische sensor werkt ook. Is de hoogfrequent draaggolf constant in frequentie dan is de torsietrilling nul. Elke frequentie-afwijking in een bepaald ritme (frequentie) van de hoogfrequente draaggolf is een torsietrilling. En die wordt gedetecteerd met demodulatie van dit draaggolfsignaal.

Statorstroomanalyse van motor of generator kan ook torsietrillingen aan het licht brengen.

Nadat het torsie-aanstootmechanisme is gevonden kan worden nagedacht over een remedie. Doorgaans is demping invoegen in de keten een effectieve remedie. ●



Afb. 3: Torsietrillingen vliegwieldieselmotor.

Over de auteur

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

Leerboek Trillingsanalyse

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