

Trouble-shooting met drukpulsatie analyse

Soms treedt bij een pomp een bedrijfszekerheidsprobleem op dat niet op traditionele wijze, bijvoorbeeld met trillingsanalyse, gediagnostiseerd kan worden.

Arie Mol *

Meestal gaat het dan om een stroming-geïnduceerde onvolkomenheid die schade kan veroorzaken aan afdichting of lagering of die een ongewoon en verontrustend geluidpatroon kan veroorzaken. Het gaat dus om een proces-gerelateerd probleem dat vervolgens een pomp in de problemen brengt. In dit artikel enkele ervaringen met een nieuw diagnostisch gereedschap: drukpulsatie analyse.

STATISCHE DRUK NIET STATISCH

Wat is er aan de hand wanneer afdichtingen of lagers vroegtijdig falen of de pomp een verontrustend geluidpatroon heeft terwijl trillingsgedrag en hydraulische prestatie van de pomp in orde is? Het is dan goed mogelijk dat er dynamische verschijnselen een rol spelen. Een statische druk is niet altijd statisch. Er kunnen relatief

snelle drukpulsaties optreden gesuperponeerd op deze statische druk. Niet iedere pomp gaat even soepel om met dynamische verschijnselen. Deze drukpulsaties kunnen ontstaan indien het werkpunt van de pomp ver af ligt van het 'best efficiency point' (bep) van de pomp. Een werkpunt 'links-boven' of 'rechts-onder' in de druk-volume karakteristiek kan instabiel zijn; dit resulteert in dynamische verschijnselen nabij de pompwaaier. Ook kunnen dynamische verschijnselen in het proces een rol spelen, met name bij lange leidingen met grote, in snelheid variërende, bewegende massa's vloeistof of systemen waar meerdere pompen via leidingstelsels gekoppeld zijn. Vortex-stromingen bij plaatselijke vernauwingen of bochten kunnen drukpulsaties veroorzaken. En een vloeistof is niet altijd een starre massa. Gasinsluiting of een ontluchtingsprobleem zorgen voor 'veerkracht' en zo'n massa-veer systeem kan in 'hydraulische' resonantie komen indien het systeem voldoende demping ontbeert. Voorts kunnen er bij parallelbedrijf door onderlinge, asynchrone interactie drukpulsaties optreden. Ook kan instabiliteit in de druk- of flowregelkring optreden. Deze drukpulsaties kenmerken zich door een bepaalde frequentie of een verschijningsvorm in een zeker tijdratme. Een pulsatiefrequentie kan toerental gerelateerd zijn; het gaat dan meestal om de schoeppasseer frequentie. Ook

kunnen frequenties voorkomen die niet aan het toerental zijn gerelateerd.

DRUK TRANSMITTER

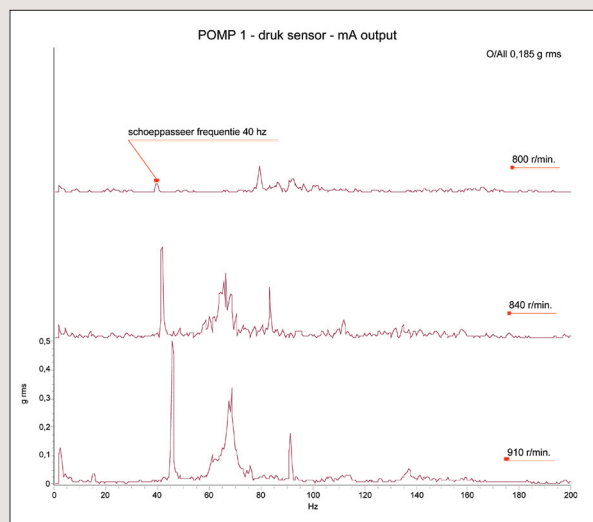
Hoe kunnen deze dynamische verschijnselen worden gemeten en gediagnosticeerd? De meeste dynamische verschijnselen voltrekken zich sneller dan een manometer kan volgen. Veel pompinstallaties zijn uitgevoerd met een elektronische druktransmitter aan de perszijde, soms ook aan de zuigzijde. Zo'n druktransmitter is zeer geschikt voor diagnose.

Een moderne elektronische druktransmitter meet de druk, zowel statische druk als drukpulsaties, en zet die om in een elektrisch signaal. De stationaire waarde wordt gebruikt voor procesregeling of monitoring doeleinden. Maar langzame of snelle variaties om deze stationaire waarde kunnen uitstekend voor diagnostische doeleinden worden benut.

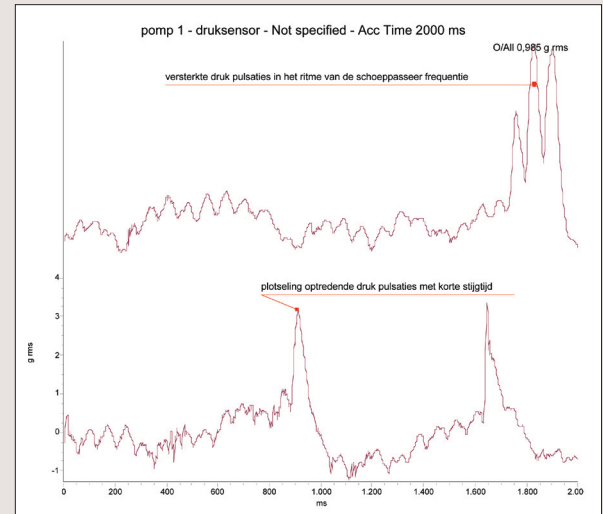
PROCESDRUK

Met een elektronische druktransmitter kan eenvoudig en betrouwbaar procesdruk worden gemeten tussen 0 .. 1 bar tot 10 bar. De 1/2 duims aansluiting heeft meestal een membraansensor. Met een 24 V dc voeding produceert de transmitter een 4 .. 20 mA signaal overeenkomend met het meetbereik van de druk meting. Een afsluitweerstand van 100 ohm geeft een spanningssignaal van 400 mV .. 2000 mV, geschikt voor een nader analyse m.b.v. een frequentie spectrum analyser, een oscillos-

Afb. 1: Het frequentie spectrum van drukpulsaties aan perszijde bij verschillende toerentallen



Afb. 2: Snelle drukpulsaties aan perszijde in het tijddomein



coop of data acquisitie software op de laptop. De spectrumanalyse en oscilloscoop functie zitten in de meeste datacollectors die ook voor trillingsanalyse worden gebruikt. Het frequentie bereik van zulke transmitters is de clue: een bandbreedte van 200 hz is ruim voldoende om de meeste dynamische verschijnselen te kunnen volgen.

POMP MET E-MOTOR

Afbeelding 1 toont het frequentiespectrum van het uitgangssignaal van een druktransmitter aan perszijde. Van boven naar beneden bij toenemend toerental 800 r/min, 840 r/min, 910 r/min. Het gaat om een pomp van een rioolgemaal met een e-motor aandrijving, een 100 kVA frequentie regelaar en een pompwaaier met drie schoepen. De druksensormeting toont een opmerkelijk drukpulsatie verschijnsel. Aanvankelijk is bij 800 r/min. (bovenste frequentie spectrum) het beeld min of meer normaal. Er is een geringe drukpulsatie met schoeppasseer frequentie waarneembaar bij 40 hz, de tweede harmonische ervan heeft een grotere amplitude en dit komt door een resonantie bij 90 hz.

Bij iets hoger toerental 840 r/min (middelste frequentie spectrum) treden er plotseling aanzienlijk grotere druk pulsaties op. De druk pulsatie bij schoeppasseer frequentie 42 hz is plotseling sterk toegenomen en de resonantie frequentie is verschoven naar 68 hz. De pomp draait hoorbaar zeer onrustig. Echter, in het trillingspectrum is deze 68 hz resonantie

nauwelijks merkbaar. Het gaat om een gecombineerd hydraulisch – dynamisch verschijnsel dat de trillingsopnemer, de manometer en de control room geheel ontgaat. Op het gehoor lijkt het op cavitatie en misschien is het wel in zekere zin als zodanig te kenmerken. Echter, niet cavitatie in de klassieke NPSH zin met werkpunt ver ‘rechts-onder’ in de druk – volume karakteristiek. Tot maximum toerental 910 r/min. (onderste frequentie spectrum) blijft de instabiele situatie aanwezig. Het manipuleren met de pers afsluiter of parallel bedrijf blijkt de ligging van de resonantie frequentie en het optreden van resonantie te kunnen beïnvloeden. De drukpulsaties zijn niet gering en kunnen in de orde van grootte van 0.1 .. 1.0 * de stationaire druk bedragen.

EENKANAALSPOMP

Afbeelding 2 toont het optreden van snelle druk pulsaties in het tijd domein (oscilloscoop beeld). Opnieuw van een rioolwater pomp maar een andere locatie. Herkenbaar zijn de regelmatige pulsaties met schoeppasseer frequentie en laagfrequent schommelingen van de eenkanaalspomp met toerental 990 r/min. Er treden op onregelmatige tijdstippen snelle drukpulsaties op over een tijdsduur van minder dan 100 msec ter grootte van de stationaire druk (onder) of plotselinge oprispingen van de druk bij schoeppasseer frequentie (boven).

Ook hier gaat het om dynamische verschijnselen die de bedrijfszeker-

heid van de pomp nadelig kunnen beïnvloeden. Voor iedereen is hoorbaar dat er iets ongewoons gebeurt, conventionele meetapparatuur zoals trillingsopnemer of manometer detecteert evenwel geen afwijkingen.

ONDERZOEKSVELD

De combinatie van enerzijds hydraulisch en werktuigbouwkundig uitgeknepen pompontwerp en anderzijds een steeds vaker voorkomende complexe systeemconfiguratie betekent dat in de toekomst het dynamisch gedrag een belangrijke rol gaat spelen m.b.t. de bedrijfszekerheid van geavanceerde pompinstallaties. Zeker wanneer het gaat om installaties met omvangrijke persleiding systemen en meerdere pompen die hierop injecteren.

Een effectieve methode om bij bestaande installaties mogelijke problemen te analyseren is de drukpulsatie meting. Nog een beetje een onontgonnen gebied. Nog een beetje in de sfeer van de truceudoos van de trouble-shooter. Er zijn ook geen normen waaraan dynamisch gedrag getoetst kan worden. Bij veel installaties kan handig gebruik worden gemaakt van de standaard reeds geïnstalleerde elektronische druk- en flow-sensors.

* Arie Mol is zelfstandig adviseur en als Mol Rotating Equipment Consultant (Molrec) betrokken bij ontwerp en trouble-shooting van industriële roterende machines.