

Veiligheid en werking

Detectie van VOC's

VOC's bestaan uit honderden verschillende gassen en dampen, waarvoor geen elektrochemische sensor beschikbaar is. Een betrouwbare en daardoor veel toegepaste methode voor het detecteren van VOC's is Photo Ionisation Detection, beter bekend als PID.

Marco van Raavens

VOC's of vluchtige organische componenten is een verzamelnaam voor een groep koolwaterstoffen die, zoals de naam al suggereert, gemakkelijk verdampen. Het gaat hierbij vaak om chemische componenten van brandstoffen en oplosmiddelen die onder andere worden toegepast bij industriële processen. Voorbeelden zijn aceton, styreen, benzeen en toluen. Opslag, transport en toepassing van deze VOC's in processen brengt risico's met zich mee, omdat een groot aantal van deze stoffen een negatieve invloed heeft op de gezondheid en/of het milieu. Het primaire gezondheidsprobleem komt van langdurige blootstelling aan lage concentraties van VOC's, waarvan bekend is (of wordt vermoed) dat ze kankerverwekkend of giftig zijn. Om deze reden is het belangrijk om de aanwezige concentratie VOC's voortdurend te monitoren en betrokkenen te alarmeren bij een overschrijding van de vastgestelde grenswaarde, zodat er passende maatregelen kunnen worden getroffen. De grenswaarde is de maximaal aanvaarde gasconcentratie, waaraan een persoon mag worden blootgesteld. Vaak wordt hiervoor een tijd gewogen gemiddelde over 8 uur gehanteerd (TGG8). Deze waarde is natuurlijk sterk afhankelijk van de giftigheid van de betreffende stof. De grenswaarde van ethanol is bijvoorbeeld 135 ppm (parts per million), waar die van het kankerverwekkende benzeen slechts 1 ppm bedraagt. Het monitoren van atmosferische gevaren kan op twee manieren. Een stationaire gasmonitor bewaakt de VOC-concentratie in een ruimte en daarmee alle personen in de ruimte. Indien een persoon echter mobiel is en verschillende ruimten kan betreden waar zich VOC's kunnen bevinden, dan is een draagbare gasmonitor aan te bevelen, omdat daarmee de persoon zelf wordt bewaakt, ongeacht waar deze zich bevindt.

met PID technologie

PID

Veel gassen, zoals zuurstof en koolmonoxide, kunnen worden gemeten met elektrochemische sensoren. In deze sensoren vindt een elektrochemische reactie plaats met het bewuste gas, waarbij een elektrische stroom ontstaat, die eenvoudig kan worden gemeten. VOC's bestaan uit honderden verschillende gassen en dampen, waarvoor geen elektrochemische sensor beschikbaar is. Een betrouwbare en daardoor veel toegepaste methode voor het detecteren van VOC's is Photo Ionisation Detection, beter bekend als PID. Dit is een breedbandige, niet specifieke sensor die reageert op een grote verscheidenheid aan organische (VOC's) en enkele anorganische componenten. Gangbare meetwaarden van VOC-concentraties vallen tussen de 0,01 ppm en 20.000 ppm.

Een PID sensor werkt volgens het volgende principe: Onder invloed van ultraviolet licht wordt een gasmolecuul geïoniseerd. Twee geladen elektroden vangen de geïoniseerde deeltjes op, waarbij een potentiaalverschil ontstaat (afb. 1). Door dit potentiaalverschil te meten kan de concentratie VOC's worden vastgesteld.

Fence Electrode Technology

Een nadeel van conventionele foto-ionisatie (PID) technologie is dat deze gevoelig is voor vervuiling en vocht. Als gevolg van deze factoren neemt de nauwkeurigheid van de PID-sensor in belangrijke mate af. Dit probleem beperkt zich niet alleen tot gebieden in de wereld waar een hoge omgevingstemperatuur en vochtigheid kunnen worden verwacht.

Door de aanwezigheid van vocht kan een geleidend pad ontstaan tussen de elektroden, wat het potentiaalverschil sterk beïnvloed (zie afb. 1b). Om meetfouten ten

gevolge van vocht te beperken hebben fabrikanten diverse compenserende maatregelen ontwikkeld. Een voorbeeld is toepassing van vochtsensoren rond de PID-sensor en het gebruik van deze meetgegevens om een compenserend algoritme te implementeren. Ook het toepassen van buisjes met een droogmiddel of vochtfilters bij de sensoringang met het doel de gasstroom te drogen wordt gebruikt. Een andere maatregel is het bevochtigen van het kalibratiegas, in een poging een natuurlijke luchtvochtigheid te benaderen. In het algemeen hebben deze maatregelen een negatieve invloed op de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de metingen. Ze kunnen de reactiesnelheid van de sensor aanzienlijk vertragen, wat in een industriële omgeving al snel kan leiden tot gevaarlijke situaties.

Fabrikant Ion Science besloot dat conventionele PID-systemen met vocht compenserende maatregelen niet ideaal zijn. De ontwikkelingsafdeling ging daarom op zoek naar een alternatieve technologie. Na uitgebreid onderzoek werd Fence Electrode Technology ontwikkeld. Na langdurig en grondig testen bleek deze technologie snelle, nauwkeurige en betrouwbare meetresultaten op te leveren onder vrijwel alle omstandigheden, waarbij de sensor vrijwel ongevoelig bleek voor invloeden van vocht en verontreiniging. Zoals de naam al aangeeft wordt bij Fence Electrode Technology een afscherpende elektrode aangebracht in de sensorbehuizing (afb. 1c). Deze elektrode werkt als een buffer tussen de positieve en negatieve elektrode en verbreekt het geleidende pad tussen deze elektroden. Uitsluitend het signaal van de PID wordt gemeten. Dit resulteert in een sensor die vrijwel ongevoelig is voor vocht. Bij PID-metingen zonder gebruik van de Fence Electrode Technology en circa 90% relatieve vochtigheid kan zich een

meetfout van meer dan 60% voordoen. Dit leidt tot gevaarlijke situaties bij meting of detectie van bijvoorbeeld oplosmiddelen, brandstof, gechloreerde ontvettingsmiddelen, benzeen, koelmiddelen en sommige anorganische gassen, zoals ammoniak en zwavelwaterstof.

Responsfactoren

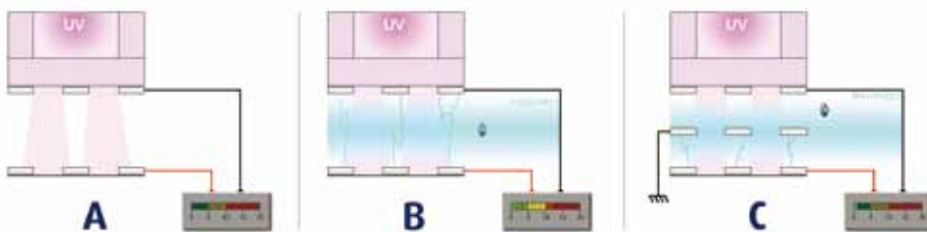
Zoals al eerder opgemerkt wordt een PID-sensor gekalibreerd op een referentiegas, waarvoor in vrijwel alle gevallen isobutyleen wordt gebruikt. Dit betekent dat bij detectie van isobutyleen de juiste concentratie wordt weergegeven in het display. Bij detectie van een andere VOC dient echter een responsfactor (RF) te worden gebruikt. De responsfactoren zijn specifiek voor een bepaald merk PID-sensoren en type UV-lamp (10,6 of 11,7 eV) en kunnen niet zonder meer worden toegepast bij andere merken. Responsfactoren maken het mogelijk om de PID-sensor te kalibreren met het ene gas, en de juiste concentratie van een ander gas weer te geven, zonder gebruik te maken van verschillende kalibratiegassen. Fabrikanten van PID-sensoren stellen de responsfactoren vast door de respons van de sensor op een specifiek gas te meten in vergelijking tot het referentiegas. De meeste gasmonitoren met een PID-sensor bevatten een database met responsfactoren voor de meest voorkomende VOC's. De fabrikant zal daarnaast een uitgebreid document hebben gepubliceerd waarin de responsfactoren staan vermeld van vrijwel alle stoffen die met een PID-sensor kunnen worden gedetecteerd.

Alarmwaarde berekenen

Omdat PID-technologie geen selectieve meting kan uitvoeren, zijn er een drietal mogelijke situaties waarbij de alarmwaarde niet direct bekend is en nader bepaald dient te worden. Bij het bepalen van deze alarmwaarde dient u enerzijds rekening te houden met de specifieke grenswaarde, die afhankelijk is van de toxiciteit van de stof, en anderzijds de responsfactor van het gas ten opzichte van het referentie-/kalibratiegas (isobutyleen):

Eén bekend gas met een bekende grenswaarde meten

In het geval een enkel en bekend gas aanwezig is dat gemeten dient te worden, is het



Afbeelding 1: Door de aanwezigheid van vocht kan een geleidend pad ontstaan tussen de elektroden, wat het potentiaalverschil sterk beïnvloed

gemakkelijk om de grenswaarde op te zoeken die bij dit gas hoort en daarna de juiste alarmwaarde en responsfactor in het toestel in te stellen. Men meet dan per definitie specifiek/selectief omdat er sprake is van slechts één gas met de daarbij behorende alarmwaarde, er hoeft niets berekend te worden.

Alarmwaarde berekenen bij gas-mix van bekende samenstelling en verhouding

Bij veel processen is niet slechts 1 toxische stof betrokken, maar een mix van meerdere toxische stoffen. Hierbij dient extra aandacht te worden besteed aan het bepalen van de alarmwaarde. Omdat de samenstelling van het gas en individuele concentraties bekend zijn, kan de gewogen alarmwaarde door onderstaande formule worden berekend.

$$\text{Alarmwaarde mix} = \frac{1}{(A1/GW1 + A2/GW2 + A3/GW3 + An/GWn)}$$

Waarbij GW de grenswaarde is van elk individueel gas (meestal TGG8) en A het percentage aandeel van elk gas. Op een soortgelijke wijze wordt de responsfactor van de gasmix berekend met de volgende formule:

$$\text{Responsfactor (RF) mix} = \frac{1}{(A1/RF1 + A2/RF2 + A3/RF3 + An/RFn)}$$

Het toepassen van deze formules lijkt op het eerste gezicht misschien ingewikkeld, maar met het volgende voorbeeld wordt het snel duidelijk. In een ruimte wordt gewerkt met een gasmix van de stoffen styreen en xyleen. Na onderzoek blijkt het aandeel van styreen 17% en xyleen 83% te zijn.

De alarmwaarde voor deze mix wordt dan $1/(0,17/20 + 0,83/47) = 38,2$ ppm. Hierbij staat 0,17 voor 17% styreen, 20 voor de grenswaarde van styreen, 0,83 voor 83% xyleen en 47 voor de grenswaarde van xyleen. De responsfactor van deze mix is $1/(0,17/0,35 + 0,83/0,33) = 0,33$. Hierbij staan 0,35 en 0,33 voor de responsfactoren van respectievelijk styreen en xyleen.

Alarmwaarde berekenen bij gas-mix van bekende samenstelling en onbekende verhouding

Bij een proces zijn de stoffen die aanwezig zijn veelal bekend, maar kunnen de concentraties van elk gas in de mix variëren. In sommige gevallen, zoals bij rampbestrijding, is de mengverhouding geheel onbekend. Omdat de verhoudingen onbekend zijn dient u (dikwijls) uit te gaan van de meest toxische stof in de mix en die te hanteren voor de alarmering. Indien u veilig bent voor het meest schadelijke bestanddeel, dan bent

u veilig voor het hele mengsel. Hierbij spelen de responsfactoren van de bestanddelen echter nog steeds een belangrijke rol.

Als voorbeeld nemen we een mengsel van aceton, ethanol en styreen. De grenswaarden voor deze stoffen zijn respectievelijk 500, 135 en 20 ppm, waarbij styreen het meest toxische component is. U zou naar aanleiding van deze grenswaarden geneigd zijn de andere twee stoffen te negeren en de alarmwaarde in te stellen op styreen, namelijk 20 ppm. Zoals al eerder aangegeven is de alarmwaarde van een PID instrument afhankelijk van de grenswaarde én de responsfactor. Door een besluit te nemen op basis van uitsluitend de grenswaarden komt u dit keer wellicht bedrogen uit. In de tabel hieronder zijn de drie stoffen vermeld met hun responsfactor en grenswaarde.

Stof	RF (10,6 eV lamp)	Grenswaarde	Alarmniveau t.o.v. isobutyleen
Aceton	0,7	500 ppm	714 ppm
Ethanol	8,7	135 ppm	16 ppm
Styreen	0,35	20 ppm	57 ppm

De rechterkolom toont de alarmwaarde van elk van de VOC's, omgerekend naar het referentiegas (isobutyleen), zodat de gassen op gelijke wijze met elkaar kunnen worden vergeleken. Hieruit blijkt dat hoewel styreen het meest toxische component is, ethanol de stof is waarop het alarmniveau moet worden ingesteld, door de relatief grote responsfactor van ethanol. Het PID instrument kan in dit voorbeeld dus op isobutyleen blijven afgesteld maar met een alarmwaarde van 16 ppm. Zolang de alarmwaarde niet wordt overschreden zijn geen speciale maatregelen noodzakelijk.

Onderhoud en kalibratie van PID instrumenten

Een correcte werking van een gasmonitor is bijzonder belangrijk en kan zelfs levens redden. Om een goede werking van het instrument te verifiëren is een regelmatige

“bumpcheck” aan te bevelen. Hierbij wordt met een gasfles een testgas aangeboden aan het instrument. De samenstelling van het gas is bekend, dus door de waarde op het display van het instrument af te lezen en te vergelijken met het etiket op de gasfles kan worden bepaald of het toestel correct werkt. Naast het uitvoeren van een regelmatige bumpcheck is het belangrijk om de instrumenten regelmatig naar een geautoriseerd service centrum te sturen voor preventief onderhoud en kalibratie. Bij het onderhoud wordt de status van de accu en sensor(en) bekeken en worden onderdelen vervangen indien noodzakelijk. Bij kalibratie wordt testgas aangeboden met diverse concentraties om de lineariteit van het instrument vast te stellen. U ontvangt hierbij een kalibratiecertificaat waarmee u de juiste werking en nauwkeurigheid van het instrument kunt aantonen indien u aansprakelijk wordt gesteld.

