

Inspectie-instrument Preventieve Actieve Maatregelen

JANUARI 2008



Belgische Seveso-inspectiediensten

Deze brochure is gratis te verkrijgen bij:

Afdeling van het toezicht op de
chemische risico's
Federale Overheidsdienst
Werkgelegenheid, Arbeid en Sociaal
Overleg
Ernest Blerotstraat 1
1070 Brussel
Tel: 02/233 45 12
Fax: 02/233 45 69
E-mail: CRC@werk.belgie.be

De brochure kan ook gedownload
worden van volgende websites:

- www.werk.belgie.be/acr.
- www.milieu-inspectie.be

Cette brochure est aussi disponible en
français.

De redactie van deze brochure werd
afgesloten op 8 januari 2008

Eindredactie: Peter Vansina

Omslag: Sylvie Peeters

Kenmerk: CRC/SIT/002-N

Verspreiding: Afdeling van het toezicht
op de chemische risico's

Versie: 1

Verantwoordelijke uitgever:
FOD Werkgelegenheid, Arbeid en Sociaal
overleg

Wettelijk depot: D/2007/1205/55

Inleiding

Deze informatienota is een gezamenlijke publicatie van de volgende Belgische Seveso-inspectiediensten:

- voor het Vlaams Gewest: de dienst Toezicht zware risicobedrijven van de Afdeling Milieu-inspectie van het Departement Leefmilieu, Natuur en Energie
- voor het Waals Gewest: la Division de la Police de l'Environnement de la Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement de la Ministère de la Région Wallonne
- voor het Brussels Hoofdstedelijk Gewest: Leefmilieu Brussel – BIM
- voor het Federale niveau: de Afdeling van het toezicht op de chemische risico's van de FOD Werkgelegenheid, Arbeid en Sociaal Overleg.

Deze diensten zijn in artikel 5, §3 van het Samenwerkingsakkoord¹ aangewezen als bevoegde inspectiedienst.

In het kader van een open beleid wordt dit inspectie-instrument vrij ter beschikking gesteld van de bedrijven, om hen toe te laten zelf een onderzoek uit te voeren en er de gepaste conclusies uit te trekken ter verbetering van de preventie van zware ongevallen.

¹ Samenwerkingsakkoord van 21 juni 1999 tussen de Federale Staat, het Vlaams Gewest, het Waals Gewest en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest betreffende de beheersing van de gevaren van zware ongevallen waarbij gevaarlijke stoffen zijn betrokken (B.S. van 16 juni 2001). Verder in de tekst "het Samenwerkingsakkoord" genoemd.

Inhoud

1	TOELICHTING BIJ HET INSPECTIE-INSTRUMENT	7
1.1	TOEPASSINGSGEBIED	8
1.1.1	<i>Preventieve actieve maatregelen</i>	8
1.1.2	<i>Mechanische drukontlastingsystemen</i>	8
1.1.3	<i>Instrumentele beveiligingen</i>	8
1.2	GEBRUIK VAN HET INSPECTIE-INSTRUMENT	9
1.3	REFERENTIEKADER	10
2	CONTROLELIJST MET OORZAKEN VAN HOGE DRUK	11
2.1	ALGEMEEN	12
2.2	SPECIFIEKE OORZAKEN VOOR DISTILLATIETORENS	12
2.3	SPECIFIEKE OORZAKEN VOOR REACTOREN	12
3	VRAGENLIJST VOOR MECHANISCHE DRUKONTLASTINGEN	13
3.1	SPECIFICATIE VAN DE MAATREGEL	14
3.1.1	<i>Identificatie en ontwerpdocumentatie</i>	14
3.1.2	<i>Effectiviteit</i>	17
3.1.3	<i>Risico-evaluatie en betrouwbaarheid</i>	22
3.1.4	<i>Risico's geïntroduceerd door de werking van de beveiliging</i>	24
3.2	TECHNISCHE UITVOERING	24
3.3	IN STAND HOUDEN VAN DE MAATREGEL	26
3.3.1	<i>Inspectie en onderhoud</i>	26
3.3.2	<i>Uit dienst nemen</i>	31
3.3.3	<i>Wijzigen</i>	32
4	VRAGENLIJST VOOR INSTRUMENTELE BEVEILIGINGEN	33
4.1	SPECIFICEREN VAN DE MAATREGEL	34
4.1.1	<i>Identificatie en functionaliteit</i>	34
4.1.2	<i>Effectiviteit</i>	38
4.1.3	<i>Onafhankelijkheid</i>	39
4.1.4	<i>Betrouwbaarheid</i>	40
4.1.5	<i>Gedrag bij falen</i>	45
4.1.6	<i>Risico's door werking</i>	48
4.2	TECHNISCHE UITVOERING	49
4.2.1	<i>Metingen</i>	49
4.2.2	<i>Kleppen</i>	51
4.3	IN DIENST NEMEN VAN DE MAATREGEL	52
4.4	IN STAND HOUDEN VAN DE MAATREGEL	54
4.4.1	<i>Inspectie en onderhoud</i>	54
4.4.2	<i>Tijdelijk uit dienst nemen</i>	55
4.4.3	<i>Onderhoud en herstellingen</i>	56
4.4.4	<i>Wijzigingen</i>	57

1

Toelichting bij het inspectie-instrument



1.1 Toepassingsgebied

1.1.1 Preventieve actieve maatregelen

Dit inspectie-instrument richt zich tot twee types van maatregelen die in de procesindustrie een zeer belangrijke rol spelen om zware ongevallen te voorkomen, met name mechanische drukontlastingen en instrumentele beveiligingen. Dergelijke beveiligingen worden beschouwd in de veiligheidsliteratuur als "actief", in tegenstelling tot de zogenaamde "passieve" maatregelen. Actieve maatregelen zijn maatregelen die een actieve werking vertonen en reageren op een bepaalde situatie met als bedoeling een corrigerend effect te realiseren.

1.1.2 Mechanische drukontlastingsystemen

De mechanische drukontlastingsystemen die hier beschouwd worden zijn systemen die gebruik maken van veiligheidskleppen of breekplaten.

Ademventielen (Engels: breather valves) worden niet beschouwd in deze rubriek.

In zijn meest eenvoudige vorm bestaat een drukontlastingssysteem uit 1 veiligheidsklep of één breekplaat en eventueel uit een inlaatleiding en een uitlaatleiding. De inlaatleiding verbindt de te beschermen omhulling met de veiligheidsklep of breekplaat en de uitlaatleiding voert de stoffen die door de veiligheidsklep of breekplaat worden vrijgezet af naar een veilige locatie of een opvangsysteem.

Een drukontlastingssysteem kan ook bestaan uit een breekplaat en een veiligheidsklep in serie of twee breekplaten in serie. Deze serieschakelingen kunnen uiteraard ook voorzien zijn van een in- of uitlaatleiding. Merk op dat een serieschakeling van een breekplaat en een veiligheidsklep of van twee breekplaten steeds beschouwd moet worden als één maatregel.

Naast serieschakelingen zijn ook parallel schakelingen van veiligheidskleppen of breekplaten mogelijk. Wanneer de capaciteit van de parallel geplaatste drukontlastingen moet opgeteld worden om de gewenste afblaascapaciteit voor het betrokken scenario te bekomen, maken de parallel geschakelde kleppen uiteraard deel uit van één en dezelfde maatregel.

Indien de capaciteit van elk van de parallel geplaatste drukontlastingen voldoende is voor het betrokken scenario, zijn de drukontlastingen te beschouwen als redundant.

Een drukontlastingssysteem kan dus bestaan uit een combinatie van één of meerdere van volgende items:

- veiligheidsklep
- breekplaat
- inlaatsysteem
- uitlaatsysteem.

1.1.3 Instrumentele beveiligingen

In het kader van dit inspectie-instrument is een instrumentele beveiliging een volledig automatisch werkende kring waarbij een of meerdere procesparameters gemeten worden, deze meetsignalen verwerkt worden in een beslissingsorgaan en waarbij het beslissingsorgaan een of meerdere eidelementen (bv. kleppen of motoren) aanstuurt.

Beveiligingen die een menselijke tussenkomst vereisen vallen buiten het bestek van deze vragenlijst.

Hierbij dient opgemerkt dat beveiligingen met een menselijke tussenkomst vergen doorgaans een lagere betrouwbaarheid hebben dan automatische systemen en in vele gevallen niet volledig onafhankelijk zijn van de gebeurtenissen die een activatie van beveiliging met zich meebrengen.

De wet op het welzijn stelt bovendien uitdrukkelijk dat de risico's op een ernstig letsel in te perken zijn door het nemen van materiële maatregelen met voorrang op iedere andere maatregel.

1.2 Gebruik van het inspectie-instrument

Een eerste doelstelling van dit inspectie-instrument is om na te gaan of de ondernemingen voldoende zorg besteden aan de specificatie, het detailontwerp, de technische uitvoering en het onderhoud van deze maatregelen zodat ze hun veiligheidsfunctie doeltreffend en effectief kunnen uitvoeren met een voldoende hoge betrouwbaarheid.

Daartoe worden één of meerdere mechanische drukontlastingen en instrumentele beveiligingen bij wijze van steekproef geselecteerd en onderworpen aan een gedetailleerde en diepgravende vragenlijst. De eventuele tekortkomingen die vastgesteld worden ten aanzien van een concrete preventieve actieve maatregel, zullen echter in vele gevallen kenmerkend zijn voor de algemene werkwijze die de onderneming hanteert ten aanzien van deze maatregelen.

De selectie van de preventieve maatregelen voor een grondig onderzoek gebeurt in het kader van een voorafgaand onderzoek van de risicoanalyse van de betrokken installatie. Een evaluatie van de risicoanalyse is een tweede doelstelling van dit inspectie-instrument.

Bij deze evaluatie zal nagegaan worden of de risico-identificatie blijk geeft van volledigheid en dat, waar relevant, de risico's van zware ongevallen formeel werden geëvalueerd.

Het kan natuurlijk niet de bedoeling zijn dat het Seveso-inspectieteam met het oog op het beoordelen van de volledigheid van de risico-identificatie zelf een volledige identificatie uitvoert van alle mogelijke risico's. Ook hier is een werkwijze via steekproef aangewezen. In het kader van dit inspectie-instrument zal het Seveso-team vooral peilen of bepaalde types van oorzaken van zware ongevallen werden geïdentificeerd, meer bepaald dat soort oorzaken dat in vele (maar niet alle) gevallen wordt beheerst met preventieve actieve preventiemaatregelen.

Voor deze bespreking werd geen vaste vragenlijst opgesteld. Het Seveso-inspectieteam bereidt deze inspectie in de mate van het mogelijke voor op basis van de informatie in het veiligheidsrapport of andere gegevens over de installatie waarover het kan beschikken.

Om echter toch enige ondersteuning en systematiek te bieden werd een lijst opgesteld met veel voorkomende oorzaken van hoge druk. Vaak (maar niet altijd) worden risico's van overdruk (druk hoger dan de ontwerpdruk) beheerst via instrumentele beveiligingen of mechanische drukontlastingen. Instrumentele beveiligingen kunnen uiteraard ook gebruikt worden om andere risico's te beheersen (bijvoorbeeld risico's die verband houden met hoog niveau, hoge temperatuur enz.).

De lijst hoeft niet van A tot Z overlopen te worden en andere fenomenen die niet voorkomen in de controlelijst kunnen eveneens besproken worden.

Deze lijst heeft niet de pretentie of bedoeling alle mogelijke oorzaken van hoge druk te identificeren, maar werd doelbewust beperkt tot de meest courante oorzaken. De lijst is

immers onderdeel van een inspectie-instrument, dat praktisch hanteerbaar moet blijven, en geen onderdeel van een risicoanalysetechniek.

1.3 Referentiekader

De vragenlijst mechanische drukontlasting is gebaseerd op de volgende API-codes:

- API Recommended Practice 520 Sizing, selection and installation of pressure relieving devices in refineries
- API Recommended Practice 521 Guide for Pressure-Relieving and Depressuring Systems
- API Recommended Practice 576 Inspection of Pressure-Relieving Devices.

De vragenlijst voor instrumentele beveiligingen is geïnspireerd op de internationale standaarden IEC61508 (Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety related systems) en IEC61511 (Functional Safety - Safety instrumented systems for the process industry sector).

Deze vragenlijsten omvatten op praktische redenen slechts een selectie van de voorschriften van deze standaarden en kunnen uiteraard niet gezien worden als een vervanging van de standaarden. Er mag ook niet besloten worden dat de voorschriften die in deze vragenlijsten niet aan bod komen van ondergeschikt belang zouden zijn.

2

Controlelijst met oorzaken van hoge druk



2.1 Algemeen

1. Voeding naar vat met (volledig of gedeeltelijk) gesloten uitlaat
2. Ongewenste chemische reactie door intrede van ongewenste stoffen
3. Thermische ontbinding bij hoge temperaturen
4. Interne explosie
5. Externe brand
6. Doorslag van een hoge druk voeding (faling drukreductie)
7. Wegvallen van koeling
8. Warmte-input naar ingeblokte omhulling
9. Maximale warmte-input
10. Lek in intern koelcircuit
11. Overmatige warmte-input via de voeding (voedingsstroom te warm)
12. Thermische expansie

2.2 Specifieke oorzaken voor distillatietorens

13. Wegvallen van koeling in de condensor
14. Wegvallen van de top-refluxstroom (gesloten klep of refluxpomp stil) (het gevolg hiervan is meestal het vullen van de condensor en verlies van koeling van inkomende dampstroom)
15. Wegvallen van een tussen-refluxstroom
16. Overmatige toevoer van warmte in reboiler
17. Statische druk door hoog vloeistofniveau

2.3 Specifieke oorzaken voor reactoren

18. Overmatige warmteproductie (d.w.z. meer dan via de normale koeling kan afgevoerd worden) door:
 - te veel katalysator
 - te hoog debiet van 1 of meer reagentia (continu of semi-batch)
 - te hoge initiële hoeveelheid van reagens (batch of semi-batch)
 - verkeerde volgorde van reagentia
 - reactie van overmaat aan reagens of reagentia na accumulatie door het stilvallen of verminderen van de reactie door:
 - het stilvallen van de menger
 - onvoldoende katalysator
 - te lage temperatuur.
19. Onvoldoende koeling (d.w.z. te weinig om normale warmteproductie af te voeren) door:
 - stilvallen koelwatercircuit
 - stilvallen menger
 - onvoldoende stroming in een doorstroomreactor
 - onvoldoende solvent.

3

Vragenlijst voor mechanische drukontlastingen



3.1 Specificatie van de maatregel

3.1.1 Identificatie en ontwerpdocumentatie

Identificatie en specificatieblad veiligheidskleppen

1. Beschikt de onderneming over een specificatieblad voor de veiligheidsklep?
2. Heeft de veiligheidsklep een eenduidig toestelnummer (bevestigd op de klep)?
3. Vermeldt het specificatieblad dit toestelnummer?
4. Vermeldt het specificatieblad de locatiecode en het onderdeel waarop de veiligheidsklep geplaatst is?

Het is uiteraard van essentieel belang dat de juiste klep op de juiste plaats in de installatie terecht komt. Er moet daarom een eenduidig verband zijn tussen de klep (als toestel) en de haar plaats in de installatie.

Een serienummer aangebracht door de producent of een identificatiecode aangebracht door de gebruiker op de klep kan gebruikt worden voor de eenduidige identificatie van de klep en de link met de plaats in de installatie.

In het algemeen moet het specificatieblad informatie bevatten waaruit moet blijken dat de klep een effectieve beschermingslaag is en verder alle technische specificaties waaraan de klep moet voldoen, zodat desgevallend een nieuwe identieke klep kan aangekocht worden.

Constructiegegevens van de veiligheidsklep

5. Vermeldt het specificatieblad het type van de klep (veerbekrachtigd, balanced-bellows, piloot-gestuurd, ...)?
6. Vermeldt het specificatieblad of het om een (veerbekrachtigde) veiligheidsklep gaat met een "pop-actie" of een proportionele opening?
7. Vermeldt het specificatieblad de constructeur en het model van de klep?
8. Vermeldt het specificatieblad de afmetingen van de inlaat- en uitlaatflenzen?

Veiligheidskleppen met een "pop-actie" openen volledig bij het bereiken van de insteldruk. Deze kleppen worden gebruikt voor het afblazen van gassen of dampen. Veiligheidskleppen met een proportionele opening gaan geleidelijk open in functie van druk.

In een veiligheidsklep kunnen verschillende materialen gebruik worden voor:

- het huis ("body")
- de veer
- de afsluitschijf ("disk")
- de zitting ("seating surface")
- de balgen ("bellows").

Weerstand van de veiligheidsklep tegen corrosie

9. Kan de veiligheidsklep worden blootgesteld aan corrosieve condities?
10. Welke maatregelen heeft de onderneming genomen om de corrosie van de veiligheidsklep te voorkomen?
11. Vermeldt het specificatieblad de constructiematerialen gebruikt in de klep?

Mogelijke maatregelen m.b.t. de aantasting van de veiligheidsklep door corrosie:

- keuze van corrosiebestendige constructiematerialen
- gebruik van balgen om sommige delen van de klep af te schermen
- plaatsing van een breekplaat vóór de veiligheidsklep

- aangepaste inspectie- en onderhoudsfrequentie.

De balgen ("bellows"), zowel in "balanced bellow" als in "unbalanced bellow" veiligheidskleppen isoleren de stang, de veer en andere delen aan de bovenkant van de veiligheidsklep van de af te blazen stoffen.

Specificatieblad breekplaten

12. Beschikt de onderneming over een specificatieblad voor de breekplaat?
13. Vermeldt dit blad een locatienummer?
14. Vermeldt dit blad de nodige informatie over het merk en het model van de breekplaat?

API 520 geeft een voorbeeld van een specificatiedocument voor breekplaten.

In het algemeen moet het specificatieblad informatie bevatten waaruit moet blijken dat de breekplaat een effectieve beschermingslaag is en verder alle technische specificaties bevatten om een geschikt exemplaar aan te kopen.

Aan een breekplaat hangt een plaatje met een aantal specificaties (o.a. de barstdruk). De informatie in het specificatieblad moet toelaten na te gaan dat de juiste breekplaat geïnstalleerd is.

Constructiegegevens van de breekplaat

15. Vermeldt het specificatieblad het type van de breekplaat?
16. Vermeldt de breekplaat de afmeting van de breekplaat en de breekplaathouder?
17. Vermeldt het specificatieblad de constructeur en het model van de breekplaat?
18. In het geval een breekplaat een vloeistof onder overdruk moeten afvoeren: bevestigt de specificatie van de producent dat de breekplaat geschikt is voor vloeistoffen?

Er zijn verschillende types van breekplaten:

- "Forward acting" of "Tension type" (druk op holle zijde)
- "Reverse acting" of "Compression type" (druk op bolle zijde)
- Voorgekerfde breekplaten
- "Composite" breekplaten (bestaande uit meerdere lagen).

Het is niet vanzelfsprekend dat een breuk onder invloed van een vloeistof zorgt voor een voldoende opening van de breekplaat.

Weerstand breekplaat tegen onderdruk

19. Kan er vacuüm optreden in het drukvat?
20. Zo ja, vermeldt het specificatieblad van de breekplaat dat ze bestand moet zijn tegen onderdruk of dat een vacuüm ondersteuning ("vacuum support") moet voorzien zijn?

"Reverse acting" breekplaten zijn bestendig tegen vacuüm. "Forward acting" breekplaten hebben doorgaans een vacuüm ondersteuning nodig.

Bij "forward acting" breekplaten wordt de holle zijde onderworpen aan de druk. Dit type wordt ook "tension type" genoemd. Dit type is meer gevoelig aan vermoeiing. Deze types verdragen doorgaans (zonder ondersteuning of "vacuum" support) geen vacuüm.

Bij "reversed acting" type wordt de bolle zijde onderworpen aan de druk. Dit type wordt ook "compression type" genoemd. Dit type is minder gevoelig aan vermoeiing en is bestendig tegen vacuüm (geen vacuüm ondersteuning vereist). Deze breekplaten zijn ofwel voorgekerfd of uitgerust met een snij-inrichting.

De levensduur van dergelijke breekplaten zou ook groter zijn (tot 10 maal). De kans op afzettingen of verstoppingen ter hoogte van de breekplaat is ook kleiner.

Omgekeerd werkende breekplaten met een snij-inrichting laten een procesdruk toe die tot 90% van de barstdruk bedraagt.

Weerstand van breekplaat tegen vermoeiing

21. Is de breekplaat blootgesteld aan condities die leiden tot vermoeiing?
22. Zo ja, vermeldt het specificatieblad van de breekplaat dat ze bestand moet zijn tegen vermoeiing?
23. Is verhouding tussen de werkingsdruk en de barstdruk in overeenstemming met de specificaties van de breekplaat?

Vermoeiing kan een probleem zijn wanneer de breekplaat is blootgesteld aan cyclische drukschommelingen of aan pulsaties (bijvoorbeeld na een compressor of pomp). Ook trillingen in de inlaatleidingen kunnen leiden tot een verlaging van de barstdruk en de levensduur van de breekplaat.

Of de breekplaat bestand moet zijn tegen vermoeiing is te vermelden in het specificatiedocument (data sheet) van de breekplaat.

Voor een aanvaardbare levensduur van de breekplaat mag de barstdruk niet te dicht liggen tegen de werkingsdruk van het drukvat. De maximale verhouding werkingsdruk - barstdruk ("operating ratio") vindt men in de specificaties van de producent.

Typische waarden:

- "forward acting" breekplaten, niet gekerfd: 70%
- "forward acting" breekplaten, gekerfd: 85%
- "reverse acting" breekplaten: 90%
- grafieten breekplaten: 70%.

Niet-fragmenterend karakter van de breekplaat

24. In het geval een breekplaat vóór de veiligheidsklep gemonteerd is, is deze breekplaat van een niet-fragmenterend type?
25. Is dit vermeld op het specificatieblad van de breekplaat?

Het niet-fragmenterend karakter van de breekplaat is belangrijk om beschadiging van veiligheidskleppen die na de breekplaat geplaatst zijn te voorkomen.

De meeste nieuwe modellen breekplaten worden voorgekerfd met het oog op het controleren van het barstpatroon en het vermijden van fragmentvorming. Deze breekplaten kunnen ook dikker uitgevoerd worden.

Dit moet blijken uit de specificatie van de leverancier.

Een snij-inrichting wordt gebruikt bij breekplaten van het "reversed acting" type die niet voorgekerfd zijn. Sommige breekplaten zijn zelf voorzien van een snij-inrichting.

Weerstand van de breekplaat tegen corrosie

26. Kan de breekplaat worden blootgesteld aan corrosieve condities?
27. Welke maatregelen heeft de onderneming genomen om de corrosie van de breekplaat te voorkomen?
28. Vermeldt het specificatieblad het constructiemateriaal van de breekplaat en van de breekplaathouder?

Het al dan niet aanwezig zijn van corrosieproblemen moet blijken uit de inspectieresultaten. Niettegenstaande breekplaten in vele gevallen periodiek vervangen worden, is het toch belangrijk dat de onderneming de toestand van de uitgebouwde breekplaat documenteert.

Bepaalde types van breekplaten hebben een grote weerstand tegen corrosie zoals bijvoorbeeld samengestelde breekplaten ("composite rupture disks") of grafieten breekplaten. Samengestelde breekplaten bestaan uit verschillende componenten met elk

een specifieke functie, waaronder een folie die het metalen gedeelte van de breekplaat afschermt van het proces. De folie kan bestaan uit teflon of edele metalen.

Grafieten breekplaten bestaan in twee uitvoeringen. Een eerste type bestaat uit een solide schijf uit grafiet die tussen gewone flenzen kan geplaatst worden. Het tweede type bestaat uit een dun membraan uit grafiet in een grafieten houder.

3.1.2 Effectiviteit

Tegendruk in het afblaassysteem

29. Blaast de drukontlasting af naar een afblaassysteem waarin een constante tegendruk aanwezig kan zijn (deze druk is een deel van de "superimposed backpressure")?
30. Kan er een tegendruk ontwikkeld worden als gevolg van het gelijktijdig afblazen van meerdere veiligheidskleppen (deze druk is eveneens een deel van de superimposed backpressure)?
31. Vermeldt het specificatieblad van de drukontlasting deze tegendrukken?

Een constante tegendruk in het afblaassysteem en een tegendruk als gevolg van het gelijktijdig afblazen van meerdere veiligheidskleppen in dat systeem vormen samen de "superimposed backpressure" volgens API RP 520. De waarde van deze druk zou te vinden moeten zijn in het specificatieblad van de drukontlasting.

Insteldruk veiligheidsklep

32. Vermeldt het specificatieblad van de veiligheidsklep de insteldruk van de veiligheidsklep, evenals de ontwerpdruk van het drukvat?
33. Is de insteldruk van de veiligheidsklep kleiner of gelijk aan de ontwerpdruk van het drukvat?
34. Heeft men rekening gehouden met een eventuele "superimposed back pressure"?
35. Is er voldoende marge tussen de maximale druk die bij normale werking kan verwacht worden en de insteldruk van de veiligheidsklep?

Volgens de API- en ASME-standaarden mag de insteldruk van een enkelvoudige veiligheidsklep niet groter zijn dan de maximaal aanvaardbare werkingsdruk ("maximum allowable working pressure") van het drukvat. Vaak wordt deze waarde gelijk gesteld aan de ontwerpdruk van het vat.

De ontwerpdruk is een specificatie die bij de bestelling van een vat wordt opgegeven aan de fabrikant. De maximaal aanvaardbare werkingsdruk is een druk die na fabricatie kan bepaald worden uitgaande van de constructiedetails (dikte van materialen, enz.). Vaak wordt deze druk echter niet berekend en moet men zich dus richten op de ontwerpdruk voor het instellen van de veiligheidskleppen. Ten behoeve van de leesbaarheid wordt in deze vragenlijst steeds verwezen naar de ontwerpdruk in plaats van de maximaal aanvaardbare werkingsdruk.

Indien bijkomende veiligheidskleppen voorzien zijn voor een brandscenario mogen de bijkomende kleppen een insteldruk hebben tot 110% van de ontwerpdruk.

Indien bijkomende kleppen voorzien zijn voor andere dan brandscenario's mag de insteldruk van de bijkomende kleppen maximum 105% van de ontwerpdruk van het vat bedragen.

Er moet rekening gehouden worden met het feit dat veiligheidskleppen kunnen openen bij een druk lager dan de theoretische insteldruk (ten gevolge van de toegelaten foutenmarge op de insteldruk). Indien de maximale operationele werkingsdruk dicht bij de insteldruk van veiligheidsklep ligt, is er een reëel risico dat de klep bij normale werking zal geopend worden en geopend zal blijven zolang deze druk aanhoudt.

Barstdruk breekplaat

36. Vermeldt het specificatieblad van de breekplaat de werkingstemperatuur bij barstcondities (barsttemperatuur), de barstdruk bij de barsttemperatuur, en de ontwerpdruk van het drukvat?
37. Is de barstdruk kleiner dan of gelijk aan de ontwerpdruk van het vat?
38. Is bij het bepalen van de barstdruk van de breekplaat rekening gehouden met de temperatuur waarbij de breekplaat moet werken?
39. Houdt de barstdruk rekening met een eventuele "superimposed back pressure"?

Voor de barstdruk van een breekplaat gelden dezelfde regels als voor de insteldruk van de veiligheidskleppen. De barstdruk van een breekplaat is aangegeven op de breekplaat zelf en kan dus ter plaatse geverifieerd worden.

Er moet rekening gehouden worden met de temperatuur waarbij de breekplaat moet werken. De barstdruk van een breekplaat neemt af bij stijgende temperatuur. Afhankelijk van de opstelling kan het zijn dat de breekplaat de temperatuur van het proces zal hebben of de buitentemperatuur (of iets ertussenin). Als de afwijking in het proces snel gaat, zal de temperatuur van de breekplaat niet onmiddellijk mee volgen is de barsttemperatuur van de breekplaat niet noodzakelijk de temperatuur van het proces tijdens het noodscenario.

Een producent van breekplaten beschikt over conversiefactoren die toelaten de barstdrukken te berekenen uitgaande van de barstdruk bij omgevingstemperatuur.

Af te blazen debiet

40. Zijn alle overdrukscenario's waarvoor de drukontlasting bescherming moet bieden, gedocumenteerd?
41. Heeft de onderneming nagegaan dat er over de klep een 2-fasenstroming (gas+vloeistof) kan optreden (bij het geselecteerde scenario of bij andere scenario's)?
42. Werd voor elk scenario het vereiste afblaasdebiet bepaald?
43. Zijn deze berekeningen goed gedocumenteerd?
44. Verwijst het specificatieblad naar de berekeningsbladen van de scenario's?
45. Vermeldt het specificatieblad het maximaal af te blazen debiet?
46. Vermeldt het specificatieblad de nodige kenmerken van de af te blazen stroom, zoals samenstelling, fase, temperatuur, dichtheid?

Het optreden van een 2-fasenstroming is afhankelijk van de aard van stoffen en de condities in het drukvat en van het scenario, m.a.w. van het fenomeen dat aanleiding geeft tot de activatie van de drukontlasting.

Vereiste en geïnstalleerde afblaascapaciteit

47. Werd voor elk van de overdrukscenario's de vereiste doorstroomoppervlakte bepaald?
48. Zijn deze berekeningen goed gedocumenteerd?
49. Vermeldt het specificatieblad van de drukontlasting de grootste vereiste doorstroomoppervlakte?
50. Vermeldt het specificatieblad van de drukontlasting de doorstroomoppervlakte van de geïnstalleerde veiligheidsklep of breekplaat?
51. Is de doorstroomoppervlakte van de geïnstalleerde drukontlasting gelijk of groter dan de grootste vereiste doorstroomoppervlakte?

Voor een gegeven scenario wordt, uitgaande van het af te blazen debiet, de vereiste doorstroomoppervlakte berekend. Vervolgens wordt een klep gekozen waarvan het effectieve doorstroomoppervlak gelijk of groter is dan wat vereist is.

Voor API-kleppen wordt de grootte van de klep uitgedrukt via een combinatie van een cijfer, een letter en een cijfer. Het eerste cijfer is de diameter (in inch) van de inlaataansluiting van de klep, de letter is een maat voor de interne doorlaat van de klep (die uiteindelijk bepalend is voor het debiet) en het derde cijfer is een maat voor de uitlaat van de klep (vb. 6Q8).

Berekening van de doorstroomoppervlakte

52. Werd bij de berekening van de vereiste doorstroomoppervlakte uitgegaan van een toelaatbare overdruk die in overstemming is met de ontwerpcode van het drukvat?
53. Werd voor subkritische stromingen rekening gehouden met de totale tegendruk?
54. In geval van 2-fasenstroming: werd hiermee rekening gehouden in de berekeningen van de vereiste doorstroomoppervlakte?
55. Beschikt de onderneming over een eenduidige richtlijn voor het berekenen van 2-fasenstromingen in drukontlastingen?
56. Vermeldt het specificatieblad of er een 2-fasenstroming optreedt?
57. In het geval van een combinatie van een breekplaat en een veiligheidsklep, werd rekening gehouden met de verminderde van capaciteit van deze combinatie?

Voor het bepalen van de vereiste doorlaattooppervlakte maakt men onderscheid tussen stroming in de gasfase, vloeistoffase en 2-fasenstroming.

Voor stroming in de gasfase maakt men onderscheid tussen kritische en subkritische stroming. Bij kritische stroming is uitstroomsnelheid gelijk aan de maximaal mogelijke snelheid, met name de snelheid van het geluid in het gas. De overeenkomstige druk in de doorlaat van de veiligheidsklep is de zogenaamde kritische druk. Bij kritische stroming kan de druk in de veiligheidsklep niet zakken onder de kritische druk zelfs al is er een veel lagere druk aanwezig stroomafwaarts in het afblaassysteem.

Indien de tegendruk in het afblaassysteem dus lager is dan de kritische druk, treedt kritische stroming op en is het debiet maximaal (voor de opgegeven druk aan de inlaat van de klep). Is de tegendruk in het afblaassysteem hoger dan de kritische druk, is de stroming subkritisch en zal het afblaasdebiet dus kleiner zijn (voor dezelfde druk aan de inlaat).

De kritische druk kan berekend worden uitgaande van de afblaasdruk (druk aan de ingang van de veiligheidsklep) en de eigenschappen van het gas (de verhouding van de specifieke warmte bij constante druk en de specifieke warmte bij constant volume).

Voor kritische stroming is de vereiste doorstroomoppervlakte afhankelijk van de overdruk in het vat (doorgaans 110% van de ontwerpdruk), het vereiste afblaasdebiet, temperatuur, eigenschappen van het gas en correctiefactoren (afhankelijk van de klep). De tegendruk speelt hier dus geen rol behalve via een correctiefactor voor gebalanceerde veiligheidskleppen.

Voor subkritische stroming moet in de berekening bijkomend rekening gehouden worden met de tegendruk.

Voor stroming van vloeistoffen wordt de vereiste doorlaattooppervlakte bepaald op basis van overdruk in het vat (doorgaans 110% van de ontwerpdruk), de totale tegendruk, eigenschappen van de vloeistof en correctiefactoren (afhankelijk van de klep).

Voor 2-fasen stromingen zijn drie berekeningsmethodes gangbaar:

- "maximal area" (de vereiste klepdiameter wordt berekend voor gas en vloeistof apart; de grootse van de twee diameters wordt geselecteerd)
- "Added areas" (de vereiste klepdiameter wordt berekend voor gas en vloeistof apart; het geselecteerde oppervlak is de som van beide oppervlakken)
- "Driers omega" (berekening via een computermodel).

De resultaten met de drie methodes kunnen ver uit elkaar liggen!

Het is belangrijk dat de onderneming een consequente aanpak heeft, dus altijd kiest voor dezelfde methode en niet, bijvoorbeeld, steeds het kleinste van de drie mogelijke resultaten weerhoudt.

Voor breekplaten kunnen dezelfde formules gebruikt worden als voor veiligheidsskleppen. De doorlaatoppervlakte van de afblaasleiding moet minstens zo groot zijn als de vereiste waarde en de breekplaat moet de afmetingen hebben van de afblaasleiding. Het geprojecteerde oppervlakte van een snij-inrichting of een vacuümondersteuning moet afgetrokken worden van de doorlaatoppervlakte van de afblaasleiding.

De maximaal toelaatbare overdruk wordt gespecificeerd in de ontwerpcode van het drukvat.

Voor drukvaten ontworpen volgens de ASME-standaarden gelden volgende waarden:

- 110% van de ontwerpdruk van het vat (voor andere scenario's dan uitwendige brand en voor een enkelvoudige drukontlasting)
- 121% van de ontwerpdruk voor scenario's van uitwendige brand
- 116% van de ontwerpdruk in het geval van meerdere drukontlastingssystemen.

Zie API RP 520 of ASME section VIII division 1

Voor drukvaten ontwerpen volgens de AD-Merkblätter moet de druk in geval van uitwendige brand tot 110% van de ontwerpdruk beperkt worden.

Een lagere waarde dan deze conform de ontwerpstandaarden is denkbaar, bijvoorbeeld in het geval dat rekening wordt gehouden met degradatie en een (berekende) vermindering van de oorspronkelijke sterkte.

Het gelijkschakelen van de maximaal toelaatbare overdruk aan de testdruk is niet te aanvaarden. De testdruk is immers een eigenschap van een nieuw onderdeel bij temperaturen die kunnen afwijken van de operationele temperaturen. Het is niet vanzelfsprekend dat een drukvat ten gevolge van de degradatie door gebruik bestand blijft tegen de testdruk.

De redenering dat een drukvat bij overschrijding van de ontwerpdruk niet catastrofaal zal falen maar slechts aan de zwakste delen zal lekken, kan evenmin zonder meer aanvaard worden. Kleine lekken zullen de drukopbouw ook niet voldoende afvoeren en zolang dit het geval is, zal de scheur blijven toenemen tot de drijvende kracht is weggevallen.

Volgens de ASME-standaard (section VIII, division I) mag de barstdruk van een breekplaat niet hoger zijn dan de ontwerpdruk van het te beschermen vat.

Doorgaans wordt aangenomen dat de capaciteit van een combinatie breekplaat - veiligheidssklep gelijk is aan de capaciteit van de veiligheidssklep vermenigvuldigd met een combinatiefactor gelijk aan 0,9, tenzij de producent van de breekplaat andere cijfers vooropstelt.

Statische en dynamische krachten op de afblaasleiding

58. Wordt de afblaasleiding ondersteund?
59. Worden vloeistoffen afgeblazen en zo ja, is het afblaassysteem bestand tegen het gewicht van de vloeistof wanneer deze leidingen met vloeistof gevuld zouden zijn?
60. Werden de reactiekrachten bepaald die optreden bij het afblazen?
61. Heeft de onderneming nagegaan of het afblaassysteem bestand is tegen deze reactiekrachten?

Afblaasleidingen mogen niet alleen ondersteund worden door de veiligheidssklep. Bijkomende ondersteuning is nodig om te vermijden dat het statische gewicht van de afblaasleiding aanleiding kan geven tot spanningen in de veiligheidssklep waardoor die kan lekken of verkeerd werken.

De reactiekrachten die optreden bij een atmosferische ontlasting zijn doorgaans groter dan de reactiekrachten bij ontlasting in een gesloten systeem. API 520 geeft enkele

formules voor eenvoudige afblaassystemen naar de atmosfeer.

In een gesloten systeem zullen grotere krachten vooral optreden op plaatsen waar een plotse expansie optreedt. De combinatie van een twee-fasenstroming en bochten van 90 graden levert eveneens grote krachten op.

De berekening van de krachten in een gesloten systeem is doorgaans vrij ingewikkeld.

Temperatuursdaling bij afblazen veiligheidskleppen

62. Kunnen bij het afblazen lage temperaturen ontstaan in de veiligheidsklep en de afblaasleiding?
63. Zo ja, vermeldt het specificatieblad de temperatuursdaling?
64. Kunnen kleine lekken in de veiligheidsklep aanleiding geven tot lage temperaturen en ijsvorming rond de klep?
65. Zo ja, wordt in dat geval de veiligheidsklep periodiek geïnspecteerd op ijsvorming?
66. Is het constructiemateriaal van de veiligheidsklep en de afblaasleiding bestand tegen eventuele temperatuursdalingen ten gevolge van het afblazen of lekken?

Bij het afblazen van gassen onder hoge druk of van vloeibaar gemaakte gassen kunnen zeer lage temperaturen optreden als gevolg van de expansie?

Ook door kleine lekken over de veiligheidsklep kunnen in bepaalde gevallen lage temperaturen optreden waardoor ijsvorming optreedt rond de veiligheidsklep. In dat geval kan men zich uiteraard vragen stellen of de klep nog wel werkt (en niet door interne ijsvorming geblokkeerd is).

Plaatselijke verificatie moet uitsluitend geven over de aanwezigheid van ijsvorming rond de veiligheidsklep.

Snelheid van drukopbouw

67. Zijn er bepaalde overdrukscenario's waarbij de druk zich zeer snel ontwikkelt?
68. Indien voor die overdrukscenario's gerekend wordt op een veiligheidsklep, werd dan nagegaan of de veiligheidsklep voldoende snel kan reageren?

Bij zeer kleine reactietijden kan het gebruik van een veiligheidsklep uitgesloten zijn en dient men desgevallend gebruik te maken van een breekplaat.

Drukval over afblaasleiding

69. Werd de tegendruk als gevolg van de stroming door het afblaassysteem bepaald?
70. Is deze tegendruk voldoende klein overeenkomstig de codes die gebruikt werden voor de dimensionering van de veiligheidsklep?

De overdruk in het afblaassysteem als gevolg van de stroming is de "built-up backpressure".

Een grote lengte en scherpe bochten geven aanleiding tot relatieve hoge drukvallen.

Bij conventionele veiligheidskleppen dient de tegendruk ten gevolge van het afblazen kleiner te zijn dan 10% van de insteldruk (overeenkomstig API RP 520). Berekeningen van ladingsverliezen door het afblaassysteem moeten aantonen dat de drukval beneden de 10% van de insteldruk blijft.

In het geval van gebalanceerde veiligheidskleppen mag de "built up back pressure" hogere waarden aannemen, overeenkomstig de specificaties van de producent (30% tot 55%).

Drukval over inlaatleiding

71. Werd de drukval over de inlaatleiding berekend?
72. Werd de drukval over een eventuele breekplaat in de inlaatleiding ook in rekening gebracht?
73. Is deze drukval voldoende klein om de beschermingsfunctie van de drukontlasting niet in het gedrang te brengen?

Een grote lengte en scherpe bochten geven aanleiding tot relatieve hoge drukvallen.

Volgens API RP 520 (part II) mag het drukverlies tussen de veiligheidsklep en het drukvat niet meer bedragen dan 3% van de insteldruk van de klep. Indien in de inlaatleiding naar een veiligheidsklep een breekplaat werd geïnstalleerd, moet de drukval over de breekplaat in rekening gebracht worden (samen met de drukval over de inlaatleiding van de veiligheidsklep).

Als het drukverschil meer bedraagt dan 3% van de insteldruk, moet een analyse uitgevoerd worden van de invloed van het drukverschil op de werking van de klep. Voor het bepalen van het drukverlies door een breekplaat kan men als algemene regel nemen dat het drukverlies overeenkomt met het drukverlies over een afstand van 75 pijpdiameters. Meer nauwkeurige waarden kan men eventueel vinden in de specificaties van de producent.

3.1.3 Risico-evaluatie en betrouwbaarheid

Uitvoering van risico-evaluatie

74. Werden de overdrukscenario's waarvoor de drukontlasting bescherming moet bieden, onderworpen aan een risico-evaluatie om te bepalen of het risico van overdruk voldoende beheerst is?
75. Zijn deze risico-evaluaties goed gedocumenteerd?
76. Welke betrouwbaarheid wordt door de onderneming aan de drukontlasting gegeven in deze risico-evaluaties?
77. Wat is de totale risicoreductie van de beschermingslagen?

Een objectieve en consistente risico-evaluatie is niet mogelijk zonder dat men zich enig idee vormt van de betrouwbaarheid van de maatregelen en van de waarschijnlijkheid en ernst van de gevolgen.

Een goede documentatie van de risico-evaluatie omvat:

- een goede beschrijving van de oorzaken (de initiële gebeurtenis of conditie die aanleiding geeft tot het scenario)
- een inschatting van de waarschijnlijkheid van de initiële gebeurtenis
- een beschrijving van de mogelijke gevolgen van het scenario
- een inschatting van de ernst van de gevolgen van het scenario
- een olijsting van alle beschermingslagen
- een inschatting van de betrouwbaarheid van de beschermingslagen.

Beheer van de risico-evaluatie

78. Is het risico-evaluatieformulier een gecontroleerd document?
79. Beschikt de onderneming over duidelijke criteria voor de uitvoering van een risico-evaluatie?
80. Zijn de criteria goedgekeurd door de directie?

Het is goede praktijk dat de evaluatie van een bepaald scenario wordt uitgevoerd door overleg tussen verschillende personen. De evaluatie van elk scenario moet goed gedocumenteerd worden, d.w.z. dat niet alleen het eindresultaat gedocumenteerd moet worden maar ook de redenering die tot dat resultaat geleid heeft (de veronderstellingen,

overwegingen, enz.).

Maatregelen moeten genomen worden om te verzekeren dat de beslissing die in groep werd genomen, nadien niet zonder meer kan gewijzigd worden. Daarom is het aan te bevelen het verslag van de risico-evaluatie (voor elk scenario) te laten handtekenen door alle deelnemers.

Risico-evaluatiecriteria bepalen rechtstreeks het veiligheidsniveau waar de onderneming naar streeft en dienen daarom formeel goedgekeurd te zijn door de directie.

Betrouwbaarheid

81. Waarop baseert de onderneming zich om de drukontlasting een bepaalde betrouwbaarheid toe te wijzen?
82. Worden de resultaten van de "voortesten" (test van de insteldruk) vóór demontage en onderhoud) gebruikt om de betrouwbaarheid van de veiligheidsklep in te schatten?
83. Indien de drukontlasting bestaat uit meerdere kleppen of breekplaten in parallel werd dan de betrouwbaarheid van het geheel bepaald op basis van de betrouwbaarheid van individuele componenten?
84. Werd hierbij rekening gehouden met gemeenschappelijke fouten?

Wanneer meerdere kleppen of breekplaten nodig zijn om de vereiste afblaascapaciteit te leveren, dienen de faalkansen van deze veiligheidskleppen of breekplaten opgeteld te worden.

Wanneer de kleppen of breekplaten redundant zijn opgesteld, dit wil zeggen dat iedere klep of breekplaat afzonderlijk een voldoende afblaascapaciteit heeft, mogen de faalkansen vermenigvuldigd worden samen met een zogenaamde "betafactor" die rekening houdt met gemeenschappelijke fouten.

Gemeenschappelijke fouten voor parallel gemonteerde veiligheidskleppen zijn bijvoorbeeld:

- gemeenschappelijke inlaatleiding (die afgesloten of vervuild kan zijn)
- corrosie of vervuiling van de beide kleppen die aan hetzelfde medium zijn blootgesteld.
- gemeenschappelijke menselijke fouten in de berekening, in montage, afstelling, inspectie, enz.

In geval van afhankelijkheden geeft het product van de individuele faalkansen een verkeerde (te optimistische) betrouwbaarheid voor het geheel.

De betafactor is een kwantitatieve maat voor de afhankelijkheid die gebruikt wordt in formules voor het berekenen van de betrouwbaarheid van instrumentele beveiligingen. Deze formules kunnen ook toegepast worden voor parallel schakelingen van veiligheidskleppen of breekplaten te berekenen. Voor kleppen die in parallel staan kan de betafactor oplopen tot 20%.

Reële aanspreekfrequentie

85. Hoe vaak werd de veiligheidsklep in de praktijk reeds aangesproken?

Het aantal keren dat een veiligheidsklep werd aangesproken, kan afgeleid worden uit het aantal revisies of herkeuringen die de klep heeft ondergaan, buiten de periodieke revisies. In de meeste gevallen zal een klep na aanspreking niet meer volledig sluiten en zal een revisie van de klep noodzakelijk zijn. Deze informatie zou terug te vinden moeten zijn in het onderhoudsdossier van de betrokken klep.

Breekplaten worden na aanspreken uiteraard steeds vervangen.

De werkelijke aanspreekfrequentie van de veiligheidsklep moet overeenstemmen in grote lijnen met de verwachte aanspreking op basis van het scenario. Is de werkelijke aanspreekfrequentie groter dan de geschatte aanspreekfrequentie van één enkelvoudig scenario, betekent dit dat de betrouwbaarheid van andere voorafgaande maatregelen in

het scenario te hoog werd ingeschat.

3.1.4 Risico's geïntroduceerd door de werking van de beveiliging

Vrijzettingen via de drukontlasting

86. Werden de effecten van een vrijzetting via de drukontlasting onderzocht?
87. Werden deze risico's ook geëvalueerd?
88. Werden desgevallend schadebeperkende maatregelen getroffen?

De hoeveelheden die worden afgeblazen en de verdere verspreiding en de eventuele schade die kan optreden als gevolg van de vrijzetting dienen onderzocht te worden.

In het geval van een breekplaat is de verbinding van het drukvat met de omgeving blijvend, in tegenstelling tot veiligheidskleppen die verondersteld worden terug te sluiten als de druk in het vat voldoende gedaald is. Naast het risico van een grotere vrijzetting is ook het risico van intrede van lucht of vocht in het drukvat te beschouwen.

Een risico-evaluatie moet uitgevoerd worden om na te gaan of de kans van een vrijzetting naar de omgeving via de drukontlasting voldoende klein is ten opzichte van de ernst van die vrijzetting.

Voor breekplaten kan breukdetectie gebruikt worden om schadebeperkende maatregelen te initiëren (bv. een evacuatie van het gebied rond de uitlaat naar atmosfeer). Automatische detectie is mogelijk bijvoorbeeld via een breukdetectie of via een drukmeting in het afblaassysteem.

Vrijzettingen via de "bonnet vent" of drainopeningen

89. Vormen eventuele vrijzettingen via de ventilatieopening in de veerkap ("bonnet") of via de drainopening van de afblaasleiding een risico?
90. Werden deze risico's geanalyseerd?

"Balanced bellow" veiligheidskleppen hebben een ventilatieopening in de veerkap ("bonnet vent").

Via deze vent kunnen kleine hoeveelheden van de af te blazen stoffen in de omgeving komen. In bepaalde omstandigheden (bv. in een gebouw of bij zeer gevaarlijke stoffen) kunnen die beperkte vrijzettingen een risico vormen.

3.2 Technische uitvoering

Vernauwingen in de inlaatleiding en afblaasleiding

91. Is de diameter van de inlaatleiding nergens kleiner dan de diameter van de inlaatflens van de veiligheidsklep?
92. Is de diameter van de afblaasleiding nergens kleiner dan de diameter van de uitlaatflens van de veiligheidsklep?
93. Zijn er afsluiters aanwezig in de inlaatleiding of in de afblaasleiding?
94. Is de doorstroomoppervlakte van deze afsluiters groter of gelijk aan respectievelijk de inlaat- en uitlaattooppervlakte van de veiligheidsklep?

De afmetingen van de inlaatflens en uitlaatflens van de veiligheidsklep zouden vermeld moeten zijn op het specificatieblad van de veiligheidsklep. De afmetingen van de inlaatleiding en afblaasleiding zouden op de P&ID terug te vinden moeten zijn.

De aanwezigheid van afsluiters in de inlaatleiding of afblaasleiding zou moeten aangeduid zijn op de P&ID en kan eventueel ook ter plaatse geverifieerd worden.

De minimale doorstroomoppervlakte ("minimum flow area") van de isolatieklep in de inlaatleiding moet gelijk of groter zijn dan de inlaatopening ("inlet area") van de veiligheidsklep. Het minimale doorstroomoppervlak van de isolatieklep in de uitlaatleiding moet gelijk of groter zijn dan de uitlaatopening ("outlet area") van de veiligheidsklep. De doorstroomoppervlakte van de isolatiekleppen zou men terug moeten vinden in de specificatiebladen van deze kleppen.

Accumulatie van vloeistoffen

95. Kan er boven de veiligheidsklep of breekplaat water of een andere vloeistof accumuleren, bijvoorbeeld door condensatie van vochtigheid, regen, activatie van andere drukontlastingen?
96. Zijn er maatregelen getroffen om de accumulatie van water of andere vloeistof tegen te gaan?
97. Kunnen er verderop in het afblaassysteem vloeistoffen accumuleren?
98. Werden maatregelen getroffen om condensatie en/of accumulatie van vloeistoffen te vermijden?
99. Heeft de inlaatleiding een vrije afloop zodat er geen producten in kunnen accumuleren?

Accumulatie van vloeistof boven de veiligheidsklep of breekplaat kan verschillende problemen veroorzaken: tegendruk door statische vloeistofdruk, blokkering van afblaasleiding door ijs, corrosie van de klep of breekplaat en de afblaasleiding, beschadiging van de afblaasleidingen door impact van weggeblazen vloeistof.

Mogelijke maatregelen zijn: een vrije afloop naar een afvoerpunt, afwateringsgaatjes, regenkapjes.

Ook elders in het afblaassysteem en in de inlaatleiding is het belangrijk om condensatie en accumulatie van vloeistoffen te vermijden. Vloeistoffen in het afblaassysteem kunnen aanleiding geven tot grote krachten bij het afblazen en kunnen aanleiding geven tot corrosie.

Ook vloeistoffen in de inlaatleiding kunnen de werking van de klep negatief beïnvloeden of aanleiding geven tot meer onderhoud.

Verstoppingen

100. Kunnen de stoffen die worden afgeblazen, zorgen voor opstoppingen, zoals poeders, polymeriserende stoffen, klevende producten, stoffen met een hoog stolpunt, enz.?
101. Zo ja, werden maatregelen getroffen om problemen met deze stoffen te vermijden?
102. In het geval dat verwarming ("tracing") werd voorzien: zijn de nodige maatregelen getroffen om de betrouwbaarheid ervan te verzekeren?
103. In geval van isolatie: zijn ventilatieopeningen in de veerkap van de veiligheidsklep (bonnet) vrijgehouden?

Pilootgestuurde veiligheidskleppen kunnen een grotere gevoeligheid vertonen voor vervuilde, kleverige, zeer viskeuze of polymeriserende producten dan gewone of gebalanceerde veiligheidskleppen. In geval van twijfel dienen de aanvaardbare werkingsomstandigheden bekomen te worden van de producent.

Isolatie en/of verwarming kan nodig zijn:

- om condensatie te vermijden (en de corrosie die er het gevolg van kan zijn)
- om problemen met viskeuze vloeistoffen te vermijden
- om het stollen van producten te vermijden.

De goede werking van de verwarming kan verzekerd worden door alarmen, periodieke inspecties en onderhoud.

Tegendruk bij breekplaten

104. In geval van serieschakeling van een breekplaat en een veiligheidsklep (of 2 breekplaten in serie), zijn er maatregelen getroffen om een drukopbouw te voorkomen in de ruimte tussen de breekplaat en de veiligheidsklep (of tussen de 2 breekplaten)?
105. Wordt de drukmeting (al dan niet met alarm) tussen breekplaat en veiligheidsklep periodiek geïnspecteerd?

In geval van serieschakeling van de breekplaat met een andere breekplaat of met een veiligheidsklep kan er door een lek in de breekplaat een tegendruk ontwikkeld worden aan de afblaaszijde. Dergelijke lekken kunnen bijvoorbeeld het gevolg zijn van putcorrosie ("pitting").

Noteer welke maatregelen de onderneming genomen heeft om dit probleem op te lossen. Een eerste mogelijkheid is het plaatsen van een lokaal afleesbare drukmeting. Hoe vaak wordt deze drukmeting afgelezen?

Een tweede oplossing is een drukmeting (bij voorkeur continue meting) die een alarm geeft in de controlekamer.

Een derde oplossing is een verbinding maken van de ingesloten ruimte met de atmosfeer of met het afblaassysteem. Bij een verbinding naar de atmosfeer moet de vraag gesteld worden hoe een eventueel lek zal gedetecteerd worden. Een verbinding met het afblaassysteem kan dan weer zorgen voor terugstroming vanuit het afblaassysteem en corrosie van de breekplaat.

3.3 In stand houden van de maatregel

3.3.1 Inspectie en onderhoud

Onderhoudsprogramma veiligheidsklep

106. Is de klep opgenomen in een periodiek onderhoudsprogramma?
107. Hoe werd de onderhoudsfrequentie gekozen?
108. Wordt onderzocht of onderhoud noodzakelijk is telkens een veiligheidsklep werd aangesproken?
109. Is er voor de veiligheidsklep een onderhoudsdossier ter beschikking?
110. Omvat dit dossier alle verslagen van de uitgevoerde tests en onderhoudsbeurten?
111. Worden ook operationele ervaringen gedocumenteerd?

API576 schrijft voor dat het inspectie-interval bepaald wordt op basis van de voortest. API510 geeft 10 jaar als bovengrens voor het inspectie-interval.

De onderhoudsfrequentie wordt in principe gekozen in functie van:

- de risico's van overdruk
- de resultaten van de voortests en de visuele inspecties (zie hieronder).

De kans dat een veiligheidsklep die gewerkt heeft, lekt, is reëel.

Relevante operationele ervaringen zijn bijvoorbeeld:

- bepaalde storingen die de klep deden openen (of die een ander effect hadden op de klep)
- het lekken van de klep.

Voortest veiligheidsklep

112. Omvat het onderhoud van de veiligheidsklep de uitvoering van een voortest?
113. Is de druk bepaald waarbij de klep moet opengaan op de teststand ("cold differential test pressure")?
114. Worden de voortests van de veiligheidskleppen (af en toe) bijgewoond door iemand van het bedrijf?
115. Geeft het testverslag een grafische verloop van de voortest?
116. Is er een instructie die voorschrijft wat er moet gebeuren in geval wordt vastgesteld dat bij de voortest de veiligheidsklep opent bij een hogere of lagere druk dan de "cold differential test pressure"?
117. Blijkt uit de verslagen van de voortests dat in geval van afwijkingen corrigerende maatregelen werden getroffen?
118. Kan men uit de resultaten van de pretests afleiden dat het onderhoudsinterval niet te groot gekozen is?

De druk waarbij de klep moet openen op de teststand is de "cold differential test pressure". Deze druk kan afwijken van de druk in de installatie waarbij de klep begint te openen in het geval correcties nodig zijn omwille van de tegendruk of hoge temperaturen. In het geval van een constante tegendruk dient de instelling van de veer van een conventionele veerbekrachtigde veiligheidsklep aangepast te worden in functie van de tegendruk. Dergelijke veiligheidskleppen zijn dus niet geschikt voor variabele tegendrukken. In dat geval dienen gebalanceerde ("balanced") veiligheidskleppen gebruikt te worden.

De bedoeling van de voortest is om na te gaan bij welke druk de veiligheidsklep opent in de toestand waarin ze zich bevond in de installatie. Deze test geeft dus zeer belangrijke informatie over de betrouwbaarheid van de klep.

De praktijk wijst uit dat de gemiddelde testresultaten significant kunnen verschillen afhankelijk van de aanwezigheid van een getuige van het bedrijf.

Het verdient aanbeveling dat de tests van veiligheidskleppen indien niet altijd dan toch minstens op geregelde tijdstippen worden bijgewoond door het opdrachtgevend bedrijf. Een bedrijf dient immers te kunnen aantonen dat de kwaliteit van de inspecties verzekerd is.

Een grafisch verloop van de voortest geeft een grotere zekerheid over de correcte uitvoering van de pretest.

Wanneer de klep zeer vuil is kan afgezien worden van de voortest omdat losse deeltjes de klepzitting kunnen beschadigen. Het inspectie-interval is dan te verkleinen zodat (hopelijk) bij de volgende onderhoudsbeurt de toestand van de klep voldoende goed zou zijn om een voortest te kunnen uitvoeren.

Er dienen criteria vastgelegd te zijn om een pre-test te beoordelen, met name de marges ten opzichte van de insteldruk waarbinnen men de pretest als geslaagd beschouwt. Wanneer de resultaten van de pretest buiten deze marges liggen, dienen corrigerende acties genomen te worden. De oorzaken van de afwijkende openingsdruk moeten gezocht worden evenals maatregelen om deze oorzaken weg te nemen. Desgevallend dient de onderhoudsfrequentie van de veiligheidsklep verhoogd te worden.

Onderhoud en afstelling van veiligheidskleppen

119. Omvat het onderhoud een demontage en een reiniging van de onderdelen?
120. Wordt na het onderhoud en de assemblage van de klep opnieuw één of meerdere druktests uitgevoerd om te verzekeren dat de klep opent bij de testdruk ("cold differential test pressure")?
121. Wordt na de uitvoering van deze druktest een dichtheidstest uitgevoerd?
122. Vermeldt het testverslag de druk waarbij de dichtheidstest werd uitgevoerd en het resultaat?
123. Zijn er duidelijke criteria voor het beoordelen van de dichtheidstest?
124. Werd in geval van "balanced bellow" veiligheidskleppen de dichtheid van de balg getest?
125. Werd de klep getest vóór ze voor de eerste maal in dienst werd genomen?

Sommige producenten raden aan om bij het afstellen van de klep minstens 3 pop-tests uit te voeren. Bij de eerste poptest zullen de onderdelen van de klep zich "zetten".

De dichtheidstest gebeurt meestal bij 90% van de testdruk. Een veelgebruikte methode om de dichtheid te bepalen bestaat erin het aantal luchtbellen te tellen dat in een bepaalde periode ontsnapt door de veiligheidsklep.

Voor het testen van de dichtheid van de balg van een gebalanceerde veiligheidsklep kan een beperkte overdruk (bv. 0,5 bar) gebruikt worden.

Vóór de klep voor de eerste keer in dienst wordt genomen, dient een pop-test uitgevoerd te worden om te verzekeren dat de insteldruk juist is.

Visuele inspectie van veiligheidskleppen na demontage

126. Zijn er instructies die voorzien in de visuele inspectie van de veiligheidsklep na demontage uit de installatie?
127. Zijn er instructies die voorzien in een visuele inspectie van de inlaat- en afblaasleidingen?
128. Worden de resultaten van deze visuele inspectie gedocumenteerd?
129. Zijn er instructies om de leidingen te reinigen in geval van ernstige vervuiling?

Sommige afzettingen of corrosieproducten in de veiligheidsklep kunnen er tijdens het transport uitvallen. Daarom is het aangewezen de visuele inspectie uit te voeren zodra de klep is verwijderd uit de installatie.

Monteren en demonteren veiligheidskleppen

130. In het geval een isolatieklep voor en/of na de veiligheidsklep geplaatst is: is een ontluchtingsklepje voorzien om de druk in ruimte tussen de isolatieklep en de veiligheidsklep af te laten?
131. Zijn er instructies voor het monteren en demonteren van de veiligheidskleppen?
132. Is er een instructie die bepaalt of de veiligheidsklep al dan niet gereinigd moet worden, en hoe dit desgevallend dient te gebeuren?
133. Is het personeel dat de veiligheidskleppen plaatst hiervoor opgeleid?

De druk in de ruimte tussen de isolatieklep en de veiligheidsklep moet kunnen afgelaten worden alvorens onderhoud uit te voeren.

Hieronder zijn enkele aspecten opgesomd die aan bod kunnen komen in instructies voor het monteren en demonteren van veiligheidskleppen.

Aspecten bij het monteren van veiligheidskleppen

- De hefwerktuigen die eventueel ingezet moeten worden om de klep ter plaatse te brengen.

- De te gebruiken pakkingen (dimensies en materiaal). De pakkingen moeten inlaat en uitlaat volledig vrijlaten, en moeten uiteraard bestand zijn tegen de heersende druk en temperatuur.
- Het verwijderen van stoppen in de veerkappen van gebalanceerde veiligheidskleppen ("plugs" in de "bonnet vents") .
- Het openen en vergrendelen (of verzegelen) van handkleppen na de plaatsing van de veiligheidsklep.

Aspecten bij het demonteren van veiligheidskleppen

- De te gebruiken PBM's.
- De eventuele reiniging van de veiligheidskleppen.
- De wijze waarop de breekplaat geïsoleerd moet worden van de installatie (bv. sluiten van kleppen in een bepaalde volgorde).
- Het afventen van de ruimte tussen afsluitklep en veiligheidsklep.
- Het afsluiten van de open inlaat- en afblaasleiding na verwijdering van de veiligheidsklep.

In sommige gevallen kan de klep na demontage gevaarlijke stoffen bevatten die een risico kunnen vormen bij het transport en bij het testen en de demontage. Een reiniging van de klep kan dan aangewezen zijn. Anderzijds kan een reiniging een invloed hebben op de voortest.

Er dient dus goed nagedacht te worden of de klep gereinigd moet worden en op welke manier die reiniging dient te gebeuren.

Transport en opslag van veiligheidskleppen

134. Zijn er instructies met betrekking tot het transport van de kleppen?

135. Vragen deze instructies dat veiligheidskleppen worden dichtgemaakt vóór transport?

136. Vragen deze instructies dat de kleppen rechtopstaand worden vervoerd?

137. Worden veiligheidskleppen opgeslagen op een droge, propere plaats?

Zuiverheid is van essentieel belang voor de goede werking en dichtheid van veiligheidskleppen. De intrede van vuil in de klep moet dan ook absoluut vermeden worden.

Veiligheidskleppen dienen rechtopstaand vervoerd moeten worden.

Veiligheidskleppen zijn zeer delicate toestellen. Ruwe behandeling kan de dichtheid van de klep of de juiste instelling in het gedrang brengen. Veiligheidskleppen zouden vervoerd moeten worden in speciale houders, en niet bijvoorbeeld op een hoop gegooid op een pallet.

Deze transportvoorschriften gelden zowel voor het transport van de installatie naar het onderhoudsatelier als omgekeerd.

Visuele controle van veiligheidskleppen in dienst

138. Worden veiligheidskleppen periodiek onderworpen aan visuele controles?

139. Worden deze inspecties geregistreerd?

140. Wordt een visuele inspectie ook uitgevoerd nadat de veiligheidsklep is open gegaan?

141. Wordt ook voor kleppen die afblazen naar een opvangsysteem nagegaan of ze lekken?

Volgende aspecten (voor zover ze van toepassing zijn) kunnen aan bod komen bij dergelijke inspecties:

- dat handkleppen in de inlaat- en afblaasleiding in open positie staan en correct vergrendeld zijn
- dat de zegel van de veerkap of van de instelschroef ("adjusting screw") van de veer intact is

- dat de zegel van de "adjusting ring" voor de "huddling chamber" (ter hoogte van de klepzitting) intact is
- dat de klep niet lekt
- dat de balg (van "balanced bellows" en "unbalanced bellow" veiligheidskleppen) niet lekt
- dat de ventilatie-opening van de balg ("bellow vent") en/of van veerkap ("bonnet vent") open en vrij is
- dat afwateringsopeningen in het afblaassysteem niet verstopt zijn
- dat het regenkapje aanwezig is
- dat de hendel ("lifting levers") in juiste positie staat en niet is vastgemaakt
- dat de isolatie in goede staat is en dat eventuele verwarming werkt
- dat de breekplaat juist is georiënteerd.

Ultrasone stromingsdetectoren kunnen gebruikt worden om na te gaan of een veiligheidsklep lekt naar een afblaassysteem. Analyses van de stoffen verzameld door het afblaassysteem kunnen ook gebruikt worden om lekken op te sporen.

Inspectie van drukmetingen tussen breekplaat en veiligheidskleppen

142. Worden de drukmetingen tussen de breekplaten en de veiligheidskleppen geïnspecteerd?

De goede werking van de drukmeting moet periodiek gecontroleerd worden. In geval een alarm wordt gegeven of een andere actie wordt gegeneerd, moet dit uiteraard ook getest worden.

Periodieke inspecties of onderhoud van breekplaten

143. Wordt de breekplaat periodiek geïnspecteerd en/of vervangen?
144. Worden de inlaat- en uitlaatleidingen periodiek geïnspecteerd?
145. Worden eventuele snij-inrichtingen periodiek geïnspecteerd?
146. Worden de resultaten van deze visuele inspecties gedocumenteerd?

Wanneer het vroegtijdig breken van de breekplaat weinig risico's met zich meebrengt, kan de breekplaat in principe onbepaald in dienst blijven. Zoniet, dient de breekplaat periodiek te worden vervangen volgens een frequentie die gebaseerd is op informatie van de producent en op basis van de eigen gebruikservaring.

Om te verzekeren dat de inlaat- en uitlaatleidingen volledig vrij zijn, is het belangrijk dat er periodiek geverifieerd wordt dat ze niet vervuild of verstopt zijn. Wanneer voor de inspectie van de leidingen de breekplaat uit haar houder moet gehaald worden, moet de breekplaat vervangen worden, ook al is ze niet gebarsten of beschadigd. Sommige breekplaten worden gemonteerd in houders die in hun geheel kunnen weggenomen worden, zonder dat de spanning waarmee de breekplaat is ingeklemd, verandert. Dergelijke houders hebben ook het voordeel dat breekplaten in een atelier gemonteerd kunnen worden in de houder, waar de condities voor het uitvoeren van een dergelijk delicaat werk doorgaans beter zijn dan in de installatie.

Bij een visuele inspectie van een snij-inrichting wordt gekeken of de messen nog voldoende scherp zijn.

Monteren en demonteren van breekplaten

147. In het geval een isolatieklep voor en/of na de breekplaat geplaatst is: is een ontluichtingsklepje voorzien om de druk in ruimte tussen de isolatieklep en de veiligheidsklep af te laten?
148. Zijn er instructies voor het monteren en demonteren van de breekplaten?
149. Is het personeel dat de breekplaten plaatst hiervoor opgeleid?

De druk in de ruimte tussen de isolatieklep en de breekplaat moet kunnen afgelaten worden alvorens onderhoud uit te voeren.

Hieronder zijn enkele aspecten opgesomd die aan bod kunnen komen in instructies voor het monteren en demonteren van breekplaten.

Aspecten bij het monteren van breekplaten

- Het grondig reinigen van de flenzen.
- De te gebruiken pakkingen (dimensies en materiaal). De pakkingen moeten de inlaat en uitlaat volledig vrijlaten, en moeten uiteraard bestand zijn tegen de heersende druk en temperatuur.
- Instructies voor het aanspannen van breekplaathouders (te gebruiken gereedschappen, volgorde van bouten, uit te oefenen moment op de bouten).
- Het openen en vergrendelen (of verzegelen) van handkleppen na de plaatsing van de veiligheidsklep.

Aspecten bij het demonteren van breekplaten

- De te gebruiken PBM's.
- De wijze waarop de breekplaat geïsoleerd moet worden van de installatie (bv. sluiten van kleppen in een bepaalde volgorde).
- Het afventen van de ruimte tussen afsluitklep en breekplaat.
- Het afsluiten van de open inlaat- en afblaasleiding na verwijdering van de breekplaat of veiligheidsklep.

Inspectie van afblaasleidingen

150. Is het afblaassysteem opgenomen in een inspectieprogramma?

Het afblaassysteem moet geïnspecteerd worden in functie van de risico's van corrosie. Ook de goede staat van de ondersteuning van de afblaasleidingen moet verzekerd worden.

3.3.2 Uit dienst nemen

Afsluiten van inlaat- en uitlaatleidingen

151. Kan de inlaatleiding worden afgesloten (bijvoorbeeld door een handklep)?

152. Kan het afblaassysteem (met inbegrip van de eventuele fakkels) worden afgesloten (bijvoorbeeld door een handklep)?

153. Zijn de isolatiekleppen in open stand vergrendeld?

154. Is er een geactualiseerde lijst met alle afsluitkleppen (of brilflenzen of steekpannen) in de inlaatleidingen of afblaassystemen van de drukontlastingssystemen?

155. Vermeldt deze lijst de redenen voor de gesloten afsluitkleppen?

156. Zijn er periodieke inspecties om na te gaan of de afsluitkleppen in de juiste positie staan en de vergrendeling nog aanwezig is?

De aan- of afwezigheid van afsluiters in de inlaatleiding of afblaasleiding kan worden vastgesteld aan de hand van de P&ID's en ter plaatse in installatie.

De isolatiekleppen moeten in open stand vergrendeld zijn. De vergrendeling kan met kettingen en sloten, maar eventueel ook met plastieken strips die in geval van nood makkelijk kunnen doorbroken worden om de klep te sluiten of te openen zonder dat een sleutel nodig is. Men spreekt dan van "car sealed open" of "car sealed closed".

Op sommige P&ID's wordt genoteerd of de kleppen "locked open" ("lo") of "locked closed" ("lc") zijn met een vermelding van de sleutelnummers. Onderlinge vergrendeling van de afsluiters kan aangeduid worden via een stippenlijn die de kleppen verbindt.

Het administratief beheer van de afsluitkleppen wordt voorgeschreven door API 520 part II.

In dienst nemen van een reserveklep

157. In het geval er een reserveklep is gemonteerd op het drukvat, zijn de nodige maatregelen getroffen om te verzekeren dat het in en uit dienst nemen van de kleppen in de juiste volgorde gebeurt?

158. In het geval een driewegklep gebruikt wordt om een reserve klep te monteren samen met de actieve klep, is er een duidelijke indicatie welke klep in dienst is?

API 520 part II laat zowel een mechanische vergrendeling als administratieve procedures toe om de juiste volgorde van handelingen bij het oplijnen van de reserveklep te verzekeren.

3.3.3 Wijzigen

Wijziging in insteldruk

159. Werd de insteldruk van de veiligheidsklep(pen) ooit gewijzigd?

160. Is dit gedocumenteerd in het dossier van de veiligheidsklep?

161. Verliep deze wijziging volgens een procedure die voorzag in de nodige analyses?

Een goede documentcontrole veronderstelt dat een wijziging van de insteldruk genoteerd wordt op het technisch formulier van de klep (revisie-aanduiding van de insteldruk).

In het geval van wijziging dient nagegaan te worden wat de redenen waren voor wijziging en of de nodige analyses werden uitgevoerd. Een dergelijke wijziging moet in ieder geval beschouwd worden als een veiligheidsrelevante wijziging en moet volgens de overeenkomstige procedures van het bedrijf uitgevoerd zijn.

4

Vragenlijst voor instrumentele beveiligingen



4.1 Specificeren van de maatregel

4.1.1 Identificatie en functionaliteit

Identificatie en specificatiedocument

1. Heeft de instrumentele beveiliging een eenduidige identificatiecode?
2. Beschikt de onderneming over een specificatiedocument voor de instrumentele beveiliging?
3. Beschikt de onderneming over een logische schematische voorstelling (een "logic diagram")?

Om alle aspecten van een instrumentele beveiliging te documenteren, zou een specificatiedocument per kring moeten opgesteld worden. Welke die aspecten zoal zijn, blijkt uit onderstaande vragen.

In deze vragenlijst wordt verondersteld dat al deze aspecten op een overzichtelijke wijze gedocumenteerd zijn in één enkel document. Indien sommige ondernemingen deze aspecten documenteren in verschillende documenten, moet nagegaan worden in hoeverre de onderlinge samenhang van die documenten gegarandeerd is.

Een andere fundamentele vraag daarbij is: wat is het basisdocument? Waarvan wordt vertrokken bij de implementatie van de instrumentele beveiliging?

Functionaliteit en initiële oorzaken

4. Geeft het specificatiedocument een woordelijke omschrijving van de functionaliteit van de instrumentele beveiliging?
5. Vermeldt het specificatiedocument de initiële oorzaken, die aanleiding geven tot de werking van de instrumentele beveiliging?

De basis voor de functionaliteit van elke instrumentele beveiliging is een woordelijke beschrijving die is opgesteld door een procesingenieur of die rechtstreeks volgt uit een risicoanalyse.

Sommige ondernemingen beschrijven de functionaliteit van instrumentele beveiligingen via zogenaamde "cause and effect diagrammen". Deze diagrammen geven schematisch aan (via een tabel) welke eidelementen geschakeld worden in functie van welke metingen. De praktijk leert echter dat niet alle aspecten van de functionaliteit van een instrumentele beveiliging in een dergelijke diagram kunnen worden weergegeven. Dit is het steeds het geval wanneer de functionaliteit complex is.

De woordelijke functionaliteit dient dan te worden omgezet in een logische schematische voorstelling ("logic diagram") die eenduidig leesbaar is voor een programmeur. Een "logic diagram" is een belangrijk instrument om te verzekeren dat de functionaliteit geprogrammeerd wordt die vereist is op basis van de risicoanalyse en niet zoals de programmeur denkt dat de instrumentele beveiliging moet werken.

Verder kan het de operatoren een vereenvoudigde en overzichtelijke weergave bieden van een logica die relatief complex kan zijn.

Het is zeer belangrijk goed te documenteren wat de initiële oorzaken zijn, met andere woorden voor welke afwijkende omstandigheden de instrumentele beveiliging een bescherming moet bieden. Deze informatie is noodzakelijk om de effectiviteit van de beveiliging te evalueren.

Merk op dat "runaway reactie" geen initiële oorzaak is. Een weglloopreactie is het gevolg

van bepaalde storingen. Ook wordt het begrip "run away reactie" gebruikt om een veelheid aan reactieproblemen te omschrijven. Wat precies die weglööpreactie inhoudt, moet duidelijk bepaald zijn.

Bewaakte procesparameter

6. Vermeldt het specificatiedocument de procesparameter die door de instrumentele beveiliging wordt bewaakt?
7. Vermeldt het specificatiedocument de uiterste (veilige) waarde van deze parameter?
8. Vermeldt het specificatiedocument de argumentatie voor deze waarde?

De bewaakte procesparameter is de parameter die door de instrumentele beveiliging binnen bepaalde grenzen moet gehouden worden, bijvoorbeeld een druk, temperatuur, een concentratie.

In vele gevallen zal de bewaakte parameter ook de gemeten parameter zijn. Het is echter mogelijk dat de bewaakte procesparameter afgeleid wordt uit een aantal andere metingen (vb. via een berekening), wanneer het moeilijk is om de bewaakte parameter rechtstreeks te meten.

Denk bijvoorbeeld aan de situatie waarbij een concentratie moet bewaakt worden uitgaande van een combinatie van metingen van druk, temperatuur, hoeveelheden en debieten.

De uiterste veilige waarde van deze parameter is in principe niet gelijk aan de waarde waarop de instrumentele beveiliging in actie zal treden, aangezien de instrumentele beveiliging in actie treedt – in functie van de responstijd van de instrumentele beveiliging – vóór deze maximale waarde bereikt wordt. Bovendien kunnen er verschillende maatregelen zijn die de zelfde parameter bewaken (vb. een instrumentele beveiliging en een veiligheidsklep) en consecutief in werking treden.

Gemeten procesvariabele

9. Vermeldt het specificatiedocument de gemeten procesvariabele en de waarde waarbij de instrumentele beveiliging wordt geactiveerd (de schakelwaarde)?
10. Vermeldt het specificatiedocument de aanvaardbare foutenmarge op de gemeten procesvariabele?
11. Vermeldt het specificatiedocument voor elke gemeten variabele de identificatiecode van het meetelement?
12. Vermeldt het specificatiedocument het stemgedrag voor de meetelementen?

De gemeten procesparameter is procesparameter die als input voor de instrumentele beveiliging zal gebruikt worden.

De schakelwaarde is de waarde van de parameter waarbij de instrumentele beveiliging moet ingrijpen.

De foutenmarge is de afwijking die op schakelwaarde getolereerd wordt. De foutenmarge van het meettoestel (zie verder) zal natuurlijk kleiner moeten zijn.

Een foutenmarge van bijvoorbeeld 5% betekent dat het meetelement een afwijking mag vertonen van 5% alvorens het gehercalibreerd moet worden. Bij calibratie is een nauwkeurigheid van 5% voldoende.

Sommige meettoestellen zijn in grotere mate vatbaar voor afwijkingen:

- drukschakelaars
- drukverschilmetingen over een "orifice" (slijtage van opening in geval van eroderende werking of afwijking door opstoppen van de "tubing").

Relatie tussen bewaakte en gemeten variabele

13. Is de relatie duidelijk tussen de uiterste waarde van de gemeten variabelen en de uiterste waarde van de bewaakte parameter?
14. In het geval deze relatie niet voor de hand liggend is, werd ze dan duidelijk gedocumenteerd?

Indien deze relatie niet duidelijk bepaald is, kan de effectiviteit van de beveiliging niet worden geëvalueerd.

Gemanipuleerde variabelen en eindelementen

15. Vermeldt het specificatiedocument de gemanipuleerde variabele, het eindelement en de actie van het eindelement?
16. Is het duidelijk welke van deze acties essentieel zijn voor de veiligheidsfunctie en welke acties een eerder aanvullend karakter hebben?
17. Vermeldt het specificatiedocument de volgorde van de acties en eventuele vertragingen?
18. Vermeldt het specificatiedocument het stemgedrag voor de eindelementen?

De gemanipuleerde variabele is de variabele die door de instrumentele beveiliging wordt gewijzigd om de bewaakte parameters te beïnvloeden. Dit kan bijvoorbeeld zijn: het debiet van een bepaalde processtroom.

Eindelementen zijn doorgaans kleppen maar kunnen ook elektrische toestellen zijn (motoren, pompen). Het stoppen van elektrische toestellen (pompen, motoren,...) gebeurt via het MCC ("motor control center").

In sommige gevallen laat men een instrumentele kring meer acties uitvoeren dan strikt nodig om de veiligheidsfunctie (voorkomen dat de bewaakte parameter overschreden wordt) te realiseren. Deze bijkomende acties kunnen bijvoorbeeld genomen worden om het aanspreken van andere beveiligingen te voorkomen, om operationele storingen te vermijden, om een eventuele opstart nadien vlotter te laten verlopen, om schade te beperken, enz.

In een dergelijk geval dienen de acties die essentieel zijn voor de veiligheidsfunctie duidelijk geïdentificeerd te worden. Dit is belangrijk voor het onderzoek naar de betrouwbaarheid en de effectiviteit van de instrumentele beveiliging.

Stel bijvoorbeeld dat een instrumentele beveiliging vijf kleppen sluit. Het is quasi onmogelijk om een beveiliging te realiseren die alle vijf kleppen zal sluiten met een faalkans van minder dan 1 op 10 per aanspreking. Immers, de faalkans voor het sluiten van alle 5 kleppen is 5 keer zo hoog als de faalkans voor het sluiten van één klep.

In gevallen waar veel kleppen aangestuurd worden moet dus de vraag gesteld worden of alle kleppen wel even essentieel zijn voor het realiseren van de veiligheidsfunctie. In geval van een positief antwoord dringt de vraag zich op of de installatie wel goed ontworpen is.

Het stemgedrag van kleppen kan best worden toegelicht aan de hand van een voorbeeld.

In geval dat er 2 kleppen worden gesloten door de instrumentele beveiliging, betekent een stemgedrag van "2 uit 2" (2oo2) dat beide kleppen moeten sluiten om de gevaarlijke situatie te voorkomen. Een typisch voorbeeld hiervan is een vat met twee verschillende toevoerleidingen die elk een klep hebben. Om overvulling of hoge druk te vermijden dienen beide kleppen te sluiten. Een bepaalde betrouwbaarheid realiseren voor een stemgedrag 2oo2 (voor de eindelementen) is uiteraard een grotere uitdaging dan diezelfde betrouwbaarheid te halen voor een stemgedrag 1oo2. Een typische 1oo2-configuratie is één toevoerleiding met twee kleppen die in serie staan. Indien één van beide sluit wordt het scenario voorkomen.

Signalisatie van de activering

19. Wordt de activering van de instrumentele beveiliging gesignaleerd aan de operatoren in de controlekamer?
20. Welke reactie wordt van de operator verwacht?

Het is uiteraard belangrijk dat de operatoren weten dat een instrumentele beveiliging in werking is getreden.

In bepaalde gevallen kan het nodig zijn dat ze aanvullende handelingen moeten verrichten (bv. controle ter plaatse) na de automatische actie.

“Reset conditions” en “reset actions”

21. Aan welke condities moet voldaan zijn voordat de acties van de instrumentele beveiliging kunnen ongedaan gemaakt worden (de zogenaamde “reset conditions”) en de (normale) procesvoering terug hervat kan worden.
22. Op welke wijze wordt een “reset” van een beveiligingskring uitgevoerd (“reset action”)?
23. Op welke wijze verzekert de onderneming dat systematisch wordt nagegaan of er voor elke instrumentele beveiliging bijzondere “reset conditions” of “reset actions” van toepassing zijn?
24. In het geval deze “reset conditions” of “reset actions” afwijken van de standaard procedure, werden deze condities of handelingen dan duidelijk gedocumenteerd?

Wanneer de instrumentele beveiliging gewerkt heeft, is de normale procesvoering onderbroken. De “reset conditions” of terugstel acties zijn de acties die moeten uitgevoerd worden om de “blokkerende” werking van de instrumentele beveiliging op te heffen.

Het terugstellen van de instrumentele beveiliging kan automatisch of manueel (via DCS, via een schakelaar in de controlekamer, of ter plaatse).

Soms kan het aangewezen zijn om het terugstellen te laten plaatsvinden na een controle van de toestand ter plaatse.

Gedrag bij opstart en stopzetting

25. Mag de instrumentele beveiliging op dezelfde manier werken bij het opstarten of stopzetten van de installatie als bij de normale werking van de installatie?
26. Op welke wijze verzekert de onderneming dat systematisch wordt nagegaan of de werking van een instrumentele beveiliging aangepast moet worden tijdens opstart of stilstand van het proces?
27. In het geval de werking bij opstart en stilstand afwijkt van de werking bij normaal bedrijf, werden deze condities dan duidelijk gedocumenteerd?

Een typisch voorbeeld zijn de opstartbeveiligingen voor ovens en ketels. Het opstarten van deze installaties houdt specifieke risico's in die niet voorkomen tijdens normaal bedrijf. Het opstarten moet dus gepaard gaan met specifieke beveiligingen (vb. een spoelcyclus).

4.1.2 Effectiviteit

Effect van actie op het proces

28. Kan worden aangetoond dat de actie die de instrumentele beveiliging uitvoert (de verandering van de gemanipuleerde variabele) tot het gewenste effect leidt?

In bepaalde gevallen is dat niet vanzelfsprekend, denk bijvoorbeeld aan een noodkoeling van een reactor. In dergelijke gevallen dient de onderneming aan te tonen (bv. aan de hand van berekeningen of proefnemingen) dat de uitgevoerde actie wel degelijk effectief is. Een ander voorbeeld: het stilleggen van een centrifugale pomp sluit een productstroom niet af indien er een drukverschil over de pomp blijft bestaan.

Tijdige werking van de beveiliging

29. Wordt op systematische wijze nagegaan of de reactietijd van instrumentele beveiligingen kritisch is?
30. Wordt nagegaan of de instrumentele beveiliging voldoende tijdig geactiveerd wordt om te voorkomen dat de bewaakte parameter zijn kritische waarde overschrijdt?
31. Wordt daartoe ingeschat met welke snelheid de bewaakte parameter evolueert in de richting van zijn kritische waarde?
32. Wordt daartoe de tijd ingeschat tussen het bereiken van de schakelwaarde (in de installatie) en het detecteren van deze waarde door het meetelement?
33. Wordt daartoe de tijd ingeschat nodig om de informatie van de metingen te verwerken en een signaal te sturen naar de eidelementen?
34. Wordt daartoe rekening gehouden met de tijd nodig om de kleppen te schakelen?
35. Wordt daartoe rekening gehouden met de tijd die de actie nodig heeft om het gewenste effect te realiseren?

Het systematisch nagaan of de reactietijd van een instrumentele beveiliging kritisch is, kan men realiseren door hiervoor in het specificatiedocument een informatieveld te voorzien.

Een belangrijk aspect bij de reactietijd van de kring is de schakelwaarde. Hoe verder de schakelwaarde van de kring verwijderd is van de kritische waarde (die niet mag overschreden worden), hoe vroeger de instrumentele beveiliging in werking treedt en hoe meer tijd er is om de corrigerende actie uit te voeren.

Bepaalde metingen kunnen een relatief grote traagheid hebben, zoals bijvoorbeeld temperatuursmetingen ingebouwd in een "thermowell".

De tijd om een gemeten signaal te verwerken, ligt bij DCS-systeem rond de 2 à 3 seconden. Wanneer een groot aantal alarmen tegelijkertijd binnenkomt kan de reactietijd oplopen in een DCS-systeem. Bij een ESD-systeem ligt de reactietijd rond de 100 à 500 msec.

De schakeltijd van kleppen kan variëren van 1 sec tot enkele minuten (grote kleppen, elektrische kleppen,...). Deze tijd dient steeds vermeld te zijn op het specificatieblad van de klep ("instrument specification").

Lekdichtheid van de klep

36. Is de interne lektheid van de klep kritisch?
37. Wat is de lekklasse van de klep?
38. Hanteert de onderneming een interne standaard met betrekking tot de lekklasse van kleppen?

Geen enkele klep sluit 100%. Interne lekken zijn een gevolg van de inherente

eigenschappen van de klep en van slijtage. De interne lekdichtheid van de klep is een maat voor de interne lek over de klep. In sommige gevallen kan het belangrijk zijn dat er na het sluiten van de klep absoluut geen product meer doorstroomt (ook geen klein lekdebiet).

De norm ANSI/FCI 70 2 1976 (R1982) definieert 6 lekclassen. De meest gangbare klassen zijn:

- CLASS IV: metal to metal (metal plug on a metal seat)
- CLASS VI: soft seat (plug and or seat in composition material (e.g. Teflon).

Controlekleppen hebben doorgaans een lagere lekklasse dan afsluitkleppen. Door het feit dat ze doorgaans meer bediend worden slijten ze ook sneller dan blokafsluiters.

4.1.3 Onafhankelijkheid

Onafhankelijkheid van de meetelementen

39. Kan de instrumentele beveiliging geactiveerd worden als gevolg van de falen van meetelementen die deel uitmaken van regelkringen?
40. Zo ja, zijn de meetelementen die deel uitmaken van de instrumentele beveiliging verschillend en volledig gescheiden van de meetelementen van de betrokken regelkringen?

Als de instrumentele beveiliging bescherming moet bieden tegen een situatie die veroorzaakt kan worden door een foutieve meting, mag diezelfde meting uiteraard geen deel uitmaken van de beveiliging.

Scheiden van metingen betekent bijvoorbeeld dat ze niet op dezelfde aftakking gemonteerd zijn. Bij verstopping van de aftakking worden dan de 2 metingen getroffen.

Onafhankelijkheid van het beslissingsorgaan

41. Kan de instrumentele beveiliging geactiveerd worden als gevolg van een fout in het beslissingsorgaan dat gebruikt wordt voor de procescontrole?
42. Is het beslissingsorgaan van de instrumentele beveiliging verschillend en volledig gescheiden van dat beslissingsorgaan voor de procescontrole?

Als de instrumentele beveiliging bescherming moet bieden tegen een situatie die veroorzaakt kan worden door een fout in een beslissingsorgaan (bv. een DCS-systeem), mag datzelfde controleorgaan in principe geen deel uitmaken van de beveiliging.

In praktijk betekent dit dat afzonderlijke beslissingsorganen gebruikt worden voor controle en beveiliging.

Bepaalde ondernemingen integreren toch controlesystemen en beveiligingssysteem, ondanks het feit dat dit indruist tegen de tal van standaarden en aanbevelingen op dit vlak (met in begrip van de IEC61511 en IEC61508). Dergelijke ondernemingen moeten zelf kunnen aantonen (aan de hand van een uitgebreid onderzoek) dat de kansen op gemeenschappelijke fouten in het controle- en beveiligingssysteem voldoende werden teruggedrongen.

Onafhankelijkheid van de eidelementen

43. Kan de instrumentele beveiliging geactiveerd worden als gevolg van een falen van eidelementen die gebruikt worden in regelkringen?
44. Zo ja, zijn de eidelementen die gebruikt worden in de instrumentele beveiliging verschillend en volledig gescheiden van deze eidelementen?

Als de instrumentele beveiliging bescherming moet bieden tegen een situatie die veroorzaakt kan worden door een fout in een eidelement (bv. een klep die blokkeert in een bepaalde positie), mag datzelfde eidelement uiteraard geen deel uitmaken van de beveiliging.

Scheiden van eidelementen betekent bijvoorbeeld dat verschillende magneetventielen worden gebruikt.

4.1.4 Betrouwbaarheid

Gewenste betrouwbaarheid

45. Werd de gewenste betrouwbaarheid van de instrumentele beveiliging bepaald op basis van een risico-evaluatie?
46. Wat is de gewenste betrouwbaarheid van de instrumentele beveiliging?
47. Wat is de totale risicoreductie van de beschermingslagen?

Een objectieve en consistente risico-evaluatie is niet mogelijk zonder dat men zich enig idee vormt van de betrouwbaarheid van de maatregelen en van de waarschijnlijkheid en ernst van de gevolgen.

De vooropgestelde of gewenste betrouwbaarheid van de instrumentele beveiliging wordt bepaald op basis van een risico-evaluatie.

Indien de vooropgestelde betrouwbaarheid niet bepaald is, kan de onderneming ook niet aantonen dat zij de nodige maatregelen heeft getroffen.

De vereiste betrouwbaarheid kan worden uitgedrukt op verschillende manieren:

- SIL niveau: 1, 2 of 3
- Risicoreductie: een getal tussen 1 en ∞
- kans op faling of "PFD" ("probability of failure on demand"): een getal tussen 0 en 1.

Documentatie en beheer van de risico-evaluatie

48. Zijn deze risico-evaluaties goed gedocumenteerd?
49. Is het risico-evaluatieformulier een gecontroleerd document?
50. Beschikt de onderneming over duidelijke criteria voor de uitvoering van een risico-evaluatie?
51. Zijn de criteria goedgekeurd door de directie?

Een goede documentatie van de risico-evaluatie omvat:

- een goede beschrijving van de oorzaken (de initiële gebeurtenis of conditie die aanleiding geeft tot het scenario)
- een inschatting van de waarschijnlijkheid van de initiële gebeurtenis
- een beschrijving van de mogelijke gevolgen van het scenario (de gebeurtenis waarvan de ernst wordt ingeschat)
- een inschatting van de ernst van de gevolgen van het scenario
- een olijsting van alle (onafhankelijke) beschermingslagen
- een inschatting van de betrouwbaarheid van de beschermingslagen.

Het is een goede praktijk dat de evaluatie van een bepaald scenario wordt uitgevoerd door verschillende personen. Om praktische redenen (tijdsbesteding) gebeurt die evaluatie vaak los van de risico-identificatie in een aparte vergadering.

Een goede documentatie van de risico-evaluatie omvat niet alleen het eindresultaat maar ook de elementen die hebben bijgedragen tot de beslissing.

Maatregelen moeten genomen worden om te verzekeren dat de beslissing die in groep werd genomen, nadien niet zonder meer kan gewijzigd worden. Daarom verdient het aanbeveling de registratie van risico-evaluatie (voor elk scenario) te laten handtekenen door de deelnemers aan de beslissing.

Risico-evaluatiecriteria bepalen rechtstreeks het veiligheidsniveau waar de onderneming naar streeft en die dienen daarom formeel goedgekeurd te zijn door de directie.

Aanspreekfrequentie

52. Wat is de geschatte aanspreekfrequentie?
53. Hoe vaak werd de beveiliging reeds effectief geactiveerd?
54. Wordt de aanspreking van een beveiliging geregistreerd?

De aanspreekfrequentie ("demand rate") is de frequentie waarmee de maatregel zal aangesproken worden.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen enerzijds een lage aanspreekfrequentie ("low demand mode") en anderzijds een hoge of continue aanspreekfrequentie ("high or continuous demand mode"). Bij lage aanspreekfrequentie wordt de betrouwbaarheid van de instrumentele beveiliging uitgedrukt als een PFD ("probability of failure on demand"). Bij een hoge aanspreekfrequentie wordt de betrouwbaarheid uitgedrukt als een kans op falen per tijdseenheid (uren of jaren).

Volgens de IEC61508 kan men spreken van een lage aanspreekfrequentie indien de aanspreekfrequentie niet groter is dan 1 keer per jaar EN niet groter dan 2 maal de testfrequentie. Grotere frequenties zijn te beschouwen als hoge aanspreekfrequenties.

Hoe vaak een instrumentele beveiliging wordt aangesproken zou op één of andere manier moeten geregistreerd worden. Op basis van deze registratie kan men afleiden of de geschatte aanspreekfrequentie overeenkomt met de ervaringsgegevens.

Het is mogelijk dat door wijzigingen in de procesvoering een bestaande instrumentele beveiliging meer frequent wordt aangesproken. Denk bijvoorbeeld aan een vat dat wordt vervangen door een kleiner vat. Indien de inkomende debieten gelijk blijven, zal de hoog peilbeveiliging wellicht frequenter aangesproken worden. Vele ondernemingen bepalen de aanspreekfrequentie van hun veiligheidsfuncties niet.

Redundantie voor SIL2-beveiligingen

55. In het geval de kring moet beantwoorden aan de betrouwbaarheidsklasse SIL2, werden dan minstens 2 metingen en minstens 2 eidelementen voorzien (metingen en eidelementen in een 1oo2-architectuur)?
56. Indien niet, welke verklaring wordt hiervoor gegeven en is deze verklaring in overeenstemming met IEC61508 of IEC511?

De standaard IEC61511 vraagt voor een instrumentele beveiliging met een betrouwbaarheidsniveau "SIL2" een minimale fout-tolerantie heeft van 1 voor de metingen en de eidelementen, op voorwaarde weliswaar dat wanneer er een fout optreedt, er meer dan 50% kans is dat de faling geen onveilige situatie creëert of dat de fout gedetecteerd wordt.

Fouttolerantie ("hardware fault tolerance") is de mate waarin een bepaalde component of subsysteem van de instrumentele beveiliging bestand is tegen het optreden van fouten (ongeacht de waarschijnlijkheid waarmee die optreden) zonder dat de instrumentele beveiliging door die fout haar functionaliteit op vlak van veiligheid verliest.

Een fouttolerantie van 1 voor de metingen betekent dat één fout in metingen (het falen van 1 meting) er niet voor mag zorgen dat de beveiligingsfunctie van de instrumentele beveiliging wegvalt. In de praktijk betekent dit dat er 2 metingen moeten voorzien worden in een 1oo2-architectuur. Een fouttolerantie van 1 voor de eidelementen veronderstelt 2 eidelementen in een 1oo2-architectuur.

Fouttolerantie is dus een extra voorwaarde die aan de instrumentele beveiliging wordt opgelegd naast de betrouwbaarheid. In de terminologie van de standaarden IEC61508 en IEC61511 zijn dit de zogenaamde "architectural constraints". Deze extra voorwaarde is

ingevoerd om eventuele tekortkomingen in het ontwerp van de instrumentele beveiliging te compenseren als gevolg van veronderstellingen gemaakt tijdens het ontwerp en eveneens om rekening te houden met de onzekerheden in de faalkansen die gebruikt zijn bij de betrouwbaarheidsberekeningen. De "architectural constraints" tomen met andere woorden een overdreven vertrouwen in de juistheid van faalkansen en berekeningsmodellen in.

Van de hoger gegeven regel kan onder bepaalde voorwaarden worden afgeweken. Een fouttolerantie van 0 is dan toch aanvaardbaar voor een SIL2-beveiliging. Eén van de voorwaarden voor deze afwijking is dat de onderneming over voldoende ervaring beschikt waaruit moet blijken dat het meetelement of het eindelement geschikt is voor gebruik in een instrumentele beveiliging. De standaard IEC61511 verwacht dat een onderneming een lijst aanlegt met goedgekeurde meetinstrumenten en eindelementen (voor bepaalde procesomstandigheden) en dit op basis van uitgebreide ervaring met deze componenten. Deze lijst moet periodiek geactualiseerd worden.

Een onderneming kan ook kiezen om de criteria inzake fouttolerantie van de standaard IEC61508 te volgen. Volgens de standaard IEC61508 is het niveau van fouttolerantie functie van de SIL-klasse, van de complexiteit van het onderdeel en van de "safe failure fraction" (SFF) van het onderdeel.

Redundantie voor SIL3-kringen

57. In het geval de kring moet beantwoorden aan de betrouwbaarheidsklasse SIL3, werden dan minstens 3 metingen en minstens 3 eindelementen voorzien (metingen en eindelementen in een 1oo3-architectuur)?
58. Indien niet, welke verklaring wordt hiervoor gegeven en is deze verklaring in overeenstemming met IEC61508 of IEC511?

De standaard IEC61511 vraagt voor een instrumentele beveiliging met een betrouwbaarheidsniveau "SIL3" een minimale fouttolerantie van 2 voor de metingen en voor de eindelementen (op voorwaarde dat de dominante faalwijze veilig is of gedetecteerd wordt).

Van de hoger gegeven regel kan onder bepaalde voorwaarden worden afgeweken. Een fouttolerantie van 1 is dan toch aanvaardbaar voor een SIL3-beveiliging. Eén van de voorwaarden voor deze afwijking is dat de onderneming over voldoende ervaring beschikt waaruit moet blijken dat het meetelement of het eindelement geschikt is voor gebruik in een instrumentele beveiliging. De standaard IEC61511 verwacht dat een onderneming een lijst aanlegt met goedgekeurde meetinstrumenten en eindelementen (voor bepaalde procesomstandigheden) en dit op basis van uitgebreide ervaring met deze componenten. Deze lijst moet periodiek geactualiseerd worden.

Een onderneming kan ook kiezen om de criteria inzake fouttolerantie van de standaard IEC61508 te volgen. Volgens de standaard IEC61508 is het niveau van fouttolerantie functie van de SIL-klasse, van de complexiteit van het onderdeel en van de "safe failure fraction" (SFF) van het onderdeel.

Autodiagnose

59. Zijn de metingen voorzien van autodiagnose?
60. Zijn de eindelementen voorzien van autodiagnose?
61. Is het beslissingsorgaan voorzien van autodiagnose?

Autodiagnose bij metingen kan gerealiseerd worden door vergelijking met andere metingen. Zo kan men bijvoorbeeld de meting gebruikt voor controle vergelijken met een meting gebruikt in een instrumentele beveiliging. In het geval van een MooN-architecture (met $N > 1$) kan men de N metingen ook onderling vergelijken.

Sommige meettoestellen voorzien in zelfdiagnose.

Diagnose kan de betrouwbaarheid van een meting met een factor 10 of meer verbeteren.

Sommige metingen bieden geen mogelijkheid tot diagnose: bijvoorbeeld een niveaumeting via vlotters, magnetische peilmeting en een drukswitch. Alleen een 'life test' kan 100% uitsluitel geven over de werking van dergelijke metingen.

Voor controlekleppen is een zekere graad van diagnose mogelijk. Immers, indien een controleklep niet meer regelt, dan zal dit in sommige processen door de operators opgemerkt worden.

Voor afsluitkleppen ("on/off valves") is enkel diagnose mogelijk via zogenaamd "partial stroke testing". Bij "partial stroke testing" wordt de klep snel 10 tot 20% bewogen. Hiermee wordt niet de volledige werking van de klep getest maar toch kunnen een aantal faalwijzen van de klep worden gedetecteerd, vooral het blijven "plakken" van de klep. Het nadeel aan partial stroke testing is dat het de oorzaak kan zijn van de ongewenste werking van een instrumentele beveiliging en dat slechts een gedeelte van de mogelijke fouten gedetecteerd worden.

VeiligheidsPLC's worden gekenmerkt door een zeer hoge graad van zelfdiagnose (meer dan 99% van de mogelijke fouten wordt gedetecteerd en gealarmeerd).

Relais systemen hebben geen interne diagnose. Het risico bestaat hier echter dat de contacten van de schakelaars blijven "plakken". Dit wordt dus niet automatisch ontdekt. Er bestaan echter goedgekeurde SIL2 en SIL3 relais.

Een bijkomend nadeel van relais-systemen is dat men analoge metingen niet zomaar kan aansluiten op een relais. Een relais verwacht immers een discreet signaal als ingang. Men dient dus tussen het meetinstrumenten en het relais een grenswaardeschakelaar (trip amplifier) te installeren die het analoge signaal van de meting (typisch 4mA- 20mA) omzet in een discreet signaal. De betrouwbaarheid van deze grenswaardeschakelaar dient ook in de betrouwbaarheidsberekeningen ingebracht te worden.

Berekeningsnota

62. Beschikt de onderneming over een berekeningsnota die de betrouwbaarheid van de kring aantoot?

De betrouwbaarheid van een instrumentele beveiliging kan berekend worden uitgaande van de faalkansen van de componenten, de testintervallen en de hersteltijden. Men dient bij de berekening ook rekening te houden met het stemgedrag en eventuele gemeenschappelijke fouten.

Een kwantitatief vastgelegde streefwaarde voor de betrouwbaarheid biedt een objectieve doelstelling om een bepaald ontwerp te evalueren en te vergelijken met andere technische uitvoeringen. Het is echter belangrijk om in te zien dat heel wat mogelijke faalwijzen van een instrumentele beveiliging niet te kwantificeren zijn. Voor de faalwijzen die men wel kan kwantificeren, zijn de beschikbare cijferwaarden slechts schattingen.

Om te vermijden dat men bij het ontwerp van beveiligingen te veel zou vertrouwen op berekeningen (die een te optimistisch beeld kunnen geven van de betrouwbaarheid), werden in de IEC61511 een aantal extra voorwaarden inzake fouttolerantie geformuleerd. Dit kwam hierboven reeds aan bod in de vragen over redundantie voor SIL2- en SIL3-kringen

Faalkansen

63. Wat is de oorsprong van de faalkansen die in de berekeningsnota gebruikt worden voor de meetelementen, het beslissingsorgaan en de eidelementen?

64. Wordt bij de berekening ook de faalkans van magneetventielen in rekening gebracht?

Een aantal types van metingen hebben een lage betrouwbaarheid.

- Bourdon manometer
Bourdon manometers kunnen uitgerust worden met elektrische contacten.

Het signaal kan dan gebruikt worden in meet- en regelinstrumentele beveiligingen. Het gebruik van dergelijke metingen voor veiligheidstoepassingen is af te raden.

- Drukschakelaars
Drukschakelaars kunnen na relatief korte tijd afwijkende waarden geven. Het gebruik van drukschakelaars voor veiligheidstoepassingen is daarom af te raden. Vele ondernemingen hebben dit soort metingen reeds vervangen.
- Magnetische peilglazen (niveau)
- Vlotterschakelaars (niveau)
- Vlotterschakelaars hebben verschillende problemen: de vlotter kan lek raken (beschadiging bij montage) en de vlotter kan vergeten zijn bij montage.

Algemeen worden discrete schakelaars meer en meer vervangen door continue metingen. Als discrete schakelaars toch nog gebruikt worden in nieuwe installaties zouden ze uitgerust moeten zijn met zelfdiagnose.

Vele (recente) veiligheidPLC's worden geleverd met een certificaat voor gebruik in een instrumentele beveiliging met SIL-niveau 2 of 3.

Het magneetventiel zet het elektrische signaal (komende van het beslissingsorgaan) om in een pneumatisch signaal. De faalkans van een magneetventiel is van dezelfde grootteorde als de faalkans van een procesklep.

Gemeenschappelijke fouten

65. In het geval meerdere meetelementen of meerdere eidelementen worden gebruikt, werd een factor in rekening gebracht voor het optreden van gemeenschappelijke fouten (de zogenaamde "beta-factor")?
66. Hoe werd deze factor bepaald?

De "beta factor" of "common cause factor" geeft de onderlinge afhankelijkheid aan van de componenten die deel uitmaken van eenzelfde onderdeel van de instrumentele beveiliging (metingen, beslissingsorgaan of eidelementen). Deze factor (symbool β) dient ingevuld te worden in de formules voor hogere architecturen (MooN met $M, N \geq 2$).

De norm IEC61508 geeft een tabel waarin de beta-factor kan bepaald worden. De tabel geeft waarden van 1, 2, 5 of 10%. De factor β kan ook berekend worden.

Testintervallen en hersteltijden

67. Wordt er in de berekeningen rekening gehouden met de (effectieve) testintervallen voor de metingen, het beslissingsorgaan en de eidelementen?
68. Houdt men bij de berekening rekening met de hersteltijden voor meetelementen, eidelementen en beslissingsorgaan?

De hersteltijden moeten realistisch zijn en rekening houden met de vraag of de installatie al dan niet stilgelegd moet worden om de herstelling uit te voeren. Verder dient men ook rekening te houden met de beschikbaarheid van gekwalificeerd personeel en van de nodige onderdelen.

Diagnostic coverage

69. Wordt in de berekening rekening gehouden met de "diagnostic coverage" (DC) van de meetelementen, het beslissingsorgaan en de eidelementen? Als alternatief voor "diagnostic coverage" kan gerekend worden met de "safe failure fraction" (SFF) (SFF en DC kunnen in elkaar omgerekend worden)?

Autodiagnose is het uitvoeren van geautomatiseerde (soms continue) tests om na te gaan of een component nog naar behoren werkt.

De mate waarin hardware fouten automatisch kunnen opgespoord worden, wordt

uitgedrukt als de "diagnostic coverage" (afkorting: DC). Dit is de procentuele vermindering in de waarschijnlijkheid dat er gevaarlijke (ongedetecteerde) fouten optreden. DC is een parameter die in de betrouwbaarheidsberekening kan ingebracht worden.

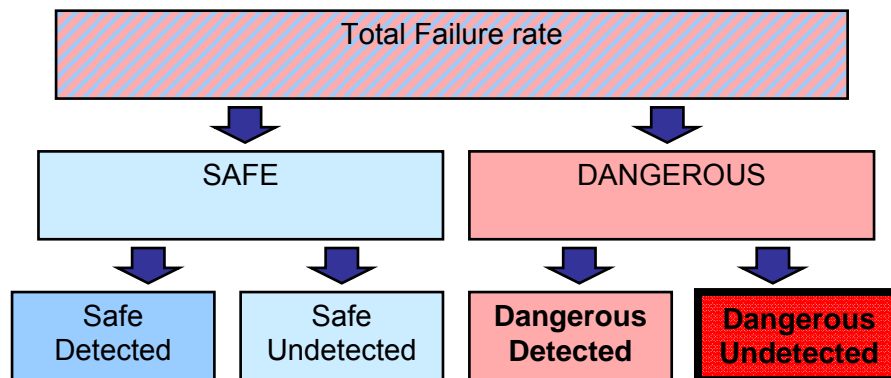
Indien metingen onderling worden vergeleken, wordt typisch de "diagnostic coverage" gelijk gesteld aan 90%.

Voor "on/off" kleppen is de DC gelijk aan 0, tenzij er "partial stroke testing" wordt toegepast. In de literatuur wordt meestal een DC van 60% toegekend in geval van "partial stroke testing", hoewel ook hogere waarden voorkomen. De praktijk wijst echter uit dat sommige kleppen wel schakelen, maar niet volledig sluiten. Dit wordt dan niet gedetecteerd door "partial stroke testing".

Voor regelkleppen kan een factor voor DC worden ingebracht indien het falen van de klep (voldoende snel) gedetecteerd wordt door de operatoren.

VeiligheidsPLC's hebben typisch een DC groter dan 99%.
Relais hebben geen zelfdiagnose (DC = 0).

Onderstaande figuur en formule illustreren het begrip safe failure fraction en diagnostic coverage.



$$\text{Safe Failure Fraction} = \frac{\Sigma \text{ Safe failure rate} + \Sigma \text{ DD failure rate}}{\Sigma \text{ Total failure rate}}$$

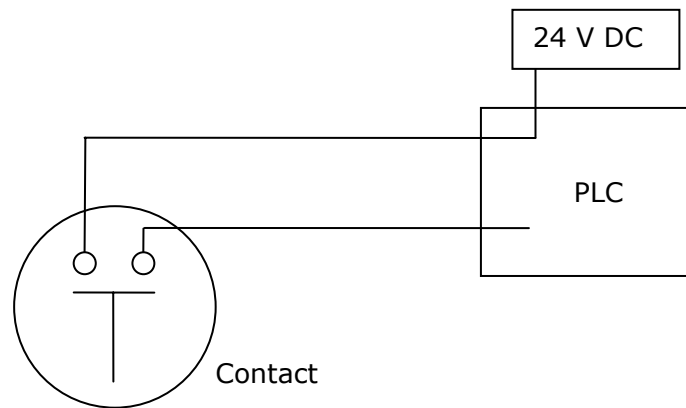
$$\text{Diagnostic coverage} = \frac{\Sigma \text{ Safe detected rate} + \Sigma \text{ Dangerous detected failure rate}}{\Sigma \text{ Total failure rate}}$$

4.1.5 Gedrag bij faling

Gedrag bij draadbreek

70. In geval van draadbreek, wordt de beveiliging dan geactiveerd of wordt de fout gemeld naar de operatoren?
71. In geval van een schakelaar (discrete meting of "switch"): is het signaal dat naar het beslissingsorgaan gestuurd wordt, verschillend van nul wanneer de bewaakte procesparameter een veilige waarde heeft?
72. Vermeldt het specificatieblad het gewenste gedrag van de instrumentele beveiliging bij draadbreek?

Voor de schakelaar kan onderstaande tekening verduidelijking brengen.



Stel dat het contact open is wanneer de bewaakte parameter (druk, niveau, ...) een veilige waarde heeft. De PLC dan krijgt als signaal 0 V. Als de bewaakte parameter de veilige waarde overschrijdt, sluit het contact en krijgt de PLC als signaal 24 V. Bij draadbreek blijft de PLC het signaal 0 V krijgen en ontstaat er een ongedetecteerde fout. Om een veilige faalwijze te realiseren moet het contact dus gesloten zijn wanneer de bewaakte parameter een veilige waarde heeft en openen bij een onveilige waarde. 0 V komt dan overeen met een "onveilig" signaal. Men spreekt in dat geval van een "normaal gesloten contact". Dit betekent dat het contact in normale condities gesloten is.

Gedrag bij diagnose van fout in meetelement

73. In het geval het meetinstrument beschikt over zelfdiagnose: wordt bij detectie van een fout de beveiliging geactiveerd of een alarm gegenereerd naar de operatoren?
74. Vermeldt het specificatieblad het gewenste gedrag van de instrumentele beveiliging bij afwijkende meetwaarden?

De meeste continue metingen sturen een elektrisch signaal naar het beslissingsorgaan dat (wanneer de gemeten waarde binnen haar bereik blijft) tussen de 4mA en 20 mA ligt. Valt het signaal buiten dit interval, is dit een indicatie dat er iets mis is.

Wanneer de draad van de elektrische voeding naar het meetinstrument breekt, valt het signaal van het meetinstrument naar het beslissingsorgaan uiteraard terug op 0 mA. Hetzelfde gebeurt bij breuk van de draad van het meetinstrument naar het beslissingsorgaan.

Programmeerbare meetinstrumenten kunnen zodanig geprogrammeerd worden dat zij bij een gedetecteerde fout een signaal uitsturen dat $> 20 \text{ mA}$ of $< 4 \text{ mA}$ is. De vraag die zich hier stelt is hoe het beslissingsorgaan reageert op dergelijke uiterste waarden.

Een voorbeeld kan dit verduidelijken. Stel dat het beslissingsorgaan moet schakelen bij een hoog niveau (90% van het meetbereik). Het beslissingsorgaan voert de actie uit (sluiten van klep in voeding) wanneer het een signaal krijgt van 18,8 mA ($16 \text{ mA} \times 0,9 + 4 \text{ mA}$). Als het meetinstrument zodanig is ingesteld dat het bij detectie van een fout een hoge waarde uitstuurt (20 mA of meer), zal de kring in geval van fout geactiveerd worden (signaal $> 18,8 \text{ mA}$). Dit is gunstig voor de veiligheid maar niet voor de productiviteit. Het is ook mogelijk dat het instrument zodanig is ingesteld dat het een lage waarde naar het beslissingsorgaan stuurt, kleiner dan 4 mA). Op deze lage waarden zijn verschillende reacties van het beslissingsorgaan mogelijk (in functie van de programmatie):

- niets (hetgeen uiteraard niet aanvaardbaar is omdat een fout werd gedetecteerd zonder dat er actie wordt ondernomen)
- het genereren van een alarm (dit laat toe de meting te herstellen zonder dat de installatie wordt stilgelegd door de beveiligingskring)
- activatie van de veiligheidsfunctie.

Faalpositie bij pneumatische actuatoren

75. Vermeldt het specificatieblad van de beveiliging de faalpositie bij uitval van perslucht (dit is de pneumatische faalpositie)?
76. Vermeldt het specificatieblad van de beveiliging de faalpositie bij uitval van elektrische voeding naar het magneetventiel (dit is de elektrische faalpositie)?
77. Indien de pneumatische en elektrische faalpositie verschillend zijn, werd de reden hiervoor gedocumenteerd?
78. Zijn de elektrische en pneumatische faalpositie van de kleppen gelijk aan de veilige kleppositie, d.w.z. de positie waarin de kleppen geschakeld worden door de instrumentele beveiliging?
79. Zo nee, werd de reden hiervoor gedocumenteerd?
80. Is het wenselijk dat de kleppen bij uitval van perslucht nog bediend kunnen worden?
81. Is er daartoe een plaatselijk persluchtreservoir voorzien?
82. Wordt geregeld gecontroleerd of er voldoende druk is in dit persluchtreservoir of wordt dit continu opgevolgd vanuit de controlekamer?

De actuator is de motor van de klep. Bij pneumatische actuatoren kan een onderscheid gemaakt worden tussen actuatoren van het type "spring return" en van het type "double acting". Bij "spring return" actuatoren plaatst een veer de klep in een bepaalde positie wanneer de perslucht wegvalt (dit is de faalpositie van de klep). Bij "double acting" pneumatische actuatoren blijft de klep in haar laatste positie staan, tenzij er lokaal persluchtvat is voorzien. Het persluchtvat is zo aangesloten dat het automatisch in dienst komt bij wegvallen van het luchtdruknet en dat het steeds door het luchtdruknet op druk gehouden wordt. Indien er echter een beschadiging is van de luchtaansluiting tussen het persluchtvat en de klep dan zal deze niet meer sluiten.

Het magneetventiel zet een elektrisch signaal (komende van het beslissingsorgaan) om in een pneumatisch signaal. Als gevolg van de schakeling van het magneetventiel zal de perslucht naar de actuator gestuurd worden of zal de persluchtdruk van de actuator afgelaten worden. De vraag hier is dus wat er met de persluchtdruk naar de actuator gebeurt als er geen stroom gaat naar het magneetventiel. Indien de elektrische faalpositie niet gespecificeerd is, gaat men er meestal van uit dat ze identiek is aan de pneumatische faalpositie.

Wanneer de veilige faalpositie niet ondubbelzinnig kan bepaald worden of waar er een groot conflict is tussen operabiliteit en veiligheid, kan het wenselijk zijn dat de kleppen bij uitval van perslucht nog bediend kunnen worden

Beschouw bijvoorbeeld een klep van een drukontlastingssysteem (Emergency Depressurisation System) die geopend wordt door een instrumentele beveiliging bij hoge druk. Het ontlasten van de druk (naar de omgeving of naar een opvangsysteem) bij uitval van de perslucht kan ongewenst zijn omwille van operabiliteit en/of veiligheid. Indien een dergelijk klep "fail open", blijft het natuurlijk noodzakelijk dat de klep bij uitval van perslucht bedienbaar blijft door de instrumentele beveiliging.

In dergelijke gevallen kan men een lokale persluchthouder (of stikstofhouder) voorzien of kan men een back-up voorzien voor het persluchtnet. In dat laatste geval wordt automatisch overgeschakeld van het persluchtnet naar bijvoorbeeld het stikstofnet wanneer het wegvallen van de perslucht gedetecteerd wordt (met een 3-weg klep).

Uiteraard dient de druk op de lokale drukhouder of het alternatieve net bewaakt worden (bv. door periodieke controles, alarmen, ...).

Faalpositie van kleppen met elektrische actuatoren

83. Vermeldt het specificatieblad van de beveiliging de faalpositie van de klep bij uitval van elektriciteit (naar de actuator)?
84. Is het wenselijk dat de kleppen bij uitval van elektriciteit nog bediend kunnen worden?
85. Zo ja, hoe wordt dit praktisch gerealiseerd (bv. een noodgenerator)?
86. Hoe zou een lokale fout in een elektrisch bekrachtigde klep worden gedetecteerd?
87. In het geval de klep gebruikt wordt in scenario's waar brand kan optreden: zijn de voedingskabels en de kabels voor het stuursignaal van een brandbestendig type en beschermd met een brandbestendig materiaal?

Elektrische actuatoren hebben elektrische stroom nodig om te werken. Sommige uitvoeringen maken gebruik van een veer of van een hydraulisch systeem om de klep bij wegvallen van elektriciteit in een bepaalde positie te duwen. Zonder een dergelijk systeem kunnen dergelijke kleppen niet "fail safe" uitgevoerd worden.

Door een lokale fout (bv. losse draad) kan de bediening van de klep onmogelijk worden. Indien de klep geen veilige faalpositie heeft, kan hierdoor een gevaarlijke, slapende fout ontstaan.

Een alarm dat de storing in de klep meldt, kan de kans op een dergelijke slapende fout in zekere mate verlagen, maar in het algemeen dient het gebruik van elektrisch bekrachtigde kleppen, zonder veilige faalpositie, voor veiligheidstoepassingen toch sterk in vraag te worden gesteld.

Draadbreuk sturing pomp

88. Indien de kabel tussen het beslissingsorgaan en de sturingseenheid van de pompmotor breekt, zal de motor stoppen (of starten als dat de veilige actie is) of zal deze draadbreuk gealarmeerd worden naar de operatoren?

De vraag die zich hier stelt is wat de sturingseenheid van de pompmotor zal doen indien het een signaal van 0 V krijgt. Net zoals bij draadbreuk bij metingen zijn er de volgende mogelijkheden:

- niets (waardoor een slapende fout in de beveiliging optreedt)
- alarm (zodat de fout kan hersteld worden)
- de gewenste actie (stoppen of starten van de motor).

Bij hoogspanningsmotoren zal in vele gevallen de motor niet afslaan bij draadbreuk en dit om redenen van bedrijfszekerheid. Het gebruik van dergelijke motoren in veiligheidskringen verdient een grondige en kritische evaluatie.

4.1.6 Risico's door werking

89. Treden er risico's op ten gevolge van de activatie van de instrumentele beveiliging?

Kan de activatie van de instrumentele beveiliging aanleiding geven tot bepaalde andere problemen? Bijvoorbeeld kan door het sluiten van een bepaalde stroom stroomopwaarts een overvulling ontstaan?

Een ander mogelijk probleem bij het afsluiten van leiding is het pompen tegen een gesloten afsluiter waardoor de pomp zeer warm kan worden met alle gevolgen van dien (hoge druk, hoge temperatuur, thermische schok).

Indien de ongewilde activatie van een instrumentele beveiliging ernstige veiligheidsproblemen met zich meebrengt, dienen maatregelen overwogen te worden om ongewenste werking te vermijden.

Men kan zich beschermen tegen een ongewilde activatie als een gevolg van een fout in de metingen door meerdere metingen te voorzien, waarbij meer dan 1 meting een bepaalde

waarde moet registreren alvorens de correctieve actie wordt uitgevoerd. Een typische configuratie is 2003.

Voor kleppen is een dergelijk stemgedrag in de praktijk echter zeer moeilijk te realiseren.

4.2 Technische uitvoering

4.2.1 Metingen

Montagetekening

90. Is er een montagetekening of "hook up" beschikbaar van de metingen?

Indien het ontwerp van de hook-up niet uitgewerkt is, zal de installateur de installatie naar eigen goeddunken kunnen uitvoeren, zonder rekening te houden met de veiligheidsvoorschriften en de eigenschappen van de producten.

Locatie van het meettoestel

91. Is het meettoestel geplaatst zodat het een representatieve waarde oplevert?

92. In het geval van een niveaumeting, kan de locatie van het meetinstrument de meting verstoren?

De meting moet geplaatst worden zodat een effectieve en snelle detectie van het probleem mogelijk is.

De correcte werking van de meting kan in bepaalde gevallen verstoord worden door de locatie in de houder. Voorbeelden:

- Ultrasonische niveaumetingen kunnen verstoord worden indien een vloeistofstroom de baan van de golf snijdt.
- Radarmetingen (niveau) kunnen verstoord worden indien een vloeistofstroom de baan van de golf snijdt.
- Radarmetingen (niveau) mogen niet symmetrisch geplaatst worden.

Verstopping van "tubing"

93. In het geval het meetinstrument gebruik maakt van een "tubing" of een meetbuis, kan deze dan verstopt worden?

94. Zo ja zijn er maatregelen getroffen om dit te vermijden?

"Tubing" (bij drukmetingen) en meetbuizen kunnen verstopt raken door viskeuze stoffen, stoffen met hoog stolpunt, vloeistoffen die vaste deeltjes bevatten of vervuilde stoffen.

Indien de meting gebruik maakt van "tubing" (bij drukmetingen) of van een meetbuis, ga dan na of deze verstopt kan raken.

Volgende meetinstrumenten maken gebruik van een meetbuis:

- magnetisch peilmeting (opgesteld in een meetbuis)
- "displacer" (niveau) (opgesteld in een meetbuis)
- sommige niveaumetingen waarbij drukverschil over een vloeistofkolom (in een meetbuis) wordt gemeten
- borrelbuismeting (niveau)
- pitotbuis (annubar) (debiet)
- rotameter (debiet)

In geval van drukmetingen kan men verstoppingen van de "tubing" vermijden door het gebruik van "seals" en een capillair.

Beschadiging van "tubing"

95. In het geval het meetelement gebruik maakt van "tubing", is er een bescherming voorzien tegen mechanische beschadiging? Bijvoorbeeld de ondersteuning van langere stukken "tubing"?
96. Bestaat hiervoor een standaard in de onderneming?

Mechanische beschadiging van "tubing" kan bijvoorbeeld optreden tijdens werken in de installatie.

Invloed van veranderingen in procescondities

97. Kan de juiste waarde van de meting beïnvloed worden door veranderingen in het te meten medium (dichtheid, druk, temperatuur, concentratie, ...)?

Sommige metingen zijn afhankelijk van de condities (zoals dichtheid, druk, temperatuur of concentratie) van het medium waarin ze zich bevinden.

In dat geval dient nagegaan te worden of wijzigingen in dichtheid, druk of temperatuur te verwachten zijn en of dit tot een (gevaarlijke) foutieve meetwaarde kan leiden.

Volgende meetprincipes zijn gevoelig voor de veranderende condities van het medium:

- Vloterschakelaar (dichtheid vloeistoffase)
- Displacer (dichtheid vloeistoffase)
- Niveaumeting op basis van druk over een vloeistofkolom (dichtheid vloeistoffase)
- Borrelbuismeting (niveau) (dichtheid vloeistoffase)
- Ultrasonische niveaumetingen (beperkt in druk, snelheid van het geluid varieert in functie van druk, niet voor vloeibare gassen, vloeistofoppervlak mag niet schuimen en moet vlak zijn)
- Capacitieve metingen (niveau) (gevoelig voor geleidbaarheid en dus bv. vochtindringing)
- Verschilddrukmetingen (debiet) (temperatuur, druk en densiteit). Eventueel wordt tracing of isolatie aangebracht om deze schommelingen te vermijden. In dat geval moet de tracing ook bewaakt worden en de isolatie geïnspecteerd.
- Rotameter (debiet) (viscositeit, temperatuur, densiteit).

Trillingen

98. Is het meetelement onderhevig aan trillingen en kan het daardoor sneller stuk gaan of verkeerde meetresultaten geven?

Sommige metingen zoals vortex metingen (debiet) kunnen onder invloed van trillingen foutieve waarden geven.

Afzettingen

99. Kan er product afgezet worden op het oppervlak van het meettoestel?
100. Kan de meting hierdoor foutieve waarden geven of een grote responsietijd krijgen?

De inertie van temperatuursensoren wordt bijvoorbeeld groter als er een isoleren laag wordt op afgezet.

4.2.2 Kleppen

Actuator voldoende krachtig

101. Vermeldt het specificatieblad voor de klep hoeveel de actuator overgedimensioneerd moet worden?
102. Heeft het bedrijf een standaard over de dimensionering van actuatoren voor veiligheidskritische kleppen?

De dimensionering van de actuator dient te gebeuren voor de "slechtst mogelijke" procesconditie. Kleverige of viskeuze stoffen kunnen een groter koppel vragen, evenals het optreden van een (abnormaal) grote tegendruk.

De gewenste dimensionering van de actuator kan wijzigen in de loop van de levensduur van een klep, bijvoorbeeld als gevolg van een gewijzigde procesconditie of als gevolg van ervaring met de werking van de klep.

Het is dus een specificatie van de klep die men steeds moet kunnen terugvinden en desgevallend moet kunnen aanpassen.

Vochtigheid in instrumentatielucht

103. Wordt de instrumentatielucht gedroogd?
104. Wordt de luchtvochtigheid van de instrumentatielucht bewaakt?

Vocht in de instrumentatielucht zal bij vriesweer bevriezen en waardoor de klep of het magneetventiel kan blokkeren.

Een typisch dauwpunt van instrumentatielucht is -40°C (of minder).

Bypass-leiding over klep

105. Is er een "bypass"-leiding voorzien over de klep?
106. Is deze bypass klep verzegeld in gesloten positie?
107. Is het openen van een dergelijke bypass klep onderworpen aan een procedure?

Een dergelijk bypass-leiding kan bijvoorbeeld gebruikt worden om de klep te testen (te sluiten) zonder impact op de productie. In normale omstandigheden mag deze bypass-leiding natuurlijk nooit openstaan.

Lokale bediening

108. Kan de klep lokaal bediend worden (via een schakelaar)?
109. Zo ja, heeft het signaal van de beveiliging voorrang op het signaal dat lokaal wordt gegeven?
110. Kan het magneetventiel lokaal bediend worden (via een "manual override")?
111. In het geval een lokale bediening mogelijk is, welke maatregelen heeft de onderneming getroffen om te vermijden dat ongecontroleerd gebruik van gemaakt wordt van deze mogelijkheid?

In sommige gevallen is ter hoogte van de klep een schakelaar voorzien om de klep ter plaatse te bedienen. Dit is vooral bij zogenaamde MOV's ("motor operated valves" of kleppen met een elektrische motor). Deze lokale bediening mag de beveiligingsfunctie niet uitschakelen. Daarom moet het signaal van de beveiliging voorrang krijgen op het lokale signaal. Dat moet blijken uit het logische schema van de beveiliging.

Sommige elektromagnetisch stuurventielen voorzien in een "manual override" die toelaat om de kleppen lokaal te bedienen. Deze voorziening is niet aan te raden voor kleppen in veiligheidstoepassingen.

Vloeistofslag

112. Werden de risico's van vloeistofslag ten gevolge van het snel sluiten van de klep geanalyseerd?

Vertragingen kunnen ingebouwd worden zodat de vloeistofslag beperkt wordt.

Vertragingen kunnen gerealiseerd worden door een smoorventiel dat de luchtdruk vertraagd aflat. Als dit ventiel verstopt is kan de luchtdruk niet meer weg en de klep niet meer schakelen. Als het ventiel te veel open staat, kan de klep te snel sluiten. Deze problemen zijn op te vangen door preventief onderhoud.

Geluid

113. Vermeldt het specificatieblad van de klep het geluidsniveau?

Regelkleppen kunnen soms veel lawaai maken.

4.3 In dienst nemen van de maatregel

Uitvoering van een inspectie bij indienstname

114. Beschikt de onderneming over een procedure die voorschrijft dat bij de indienstname van een instrumentele beveiliging moet worden gecontroleerd of ze volledig beantwoordt aan de vooropgestelde specificaties?

115. Werd voor de instrumentele beveiliging een instructie opgesteld om te controleren of ze volledig beantwoordde aan de vooropgestelde specificaties?

116. Werden de resultaten van deze controles geregistreerd?

De standaard IEC61511 hecht zeer veel belang aan de validatie van de beveiliging na de technische realisatie van beveiliging

Het doel van de validatie is te verzekeren door middel van tests en inspecties dat de beveiliging werkt overeenkomstig de specificaties.

Validatie van metingen en alarmen bij indienstname

117. Werd het meetbereik van elk meetelement gecontroleerd?

118. Werd nagegaan of het meetelement correct functioneert (correct outputsignaal in functie van de gemeten waarde)?

119. Werd nagegaan of de alarmen ingesteld zijn bij de correcte waarden?

120. Werd nagegaan of de alarmen effectief gegenereerd worden bij de ingestelde waarden?

121. Werd nagegaan of de diagnosealarmen correct werden ingesteld en correct functioneren?

Voor continue metingen moet nagegaan worden of het meetbereik correct is. Dit betekent dat wanneer een drukmeting een meetbereik heeft van 0 – 10 barg dit moet overeen komen met 4 – 20 mA. Indien het meetbereik niet meer correct is dan moet de drukmeting opnieuw gekalibreerd worden. Een foutief meetbereik kan als gevolg hebben dat de beveiliging niet meer correct werkt. Stel bijvoorbeeld dat het meetbereik verlopen is en dat 0 – 12 barg overeenkomt met 4 – 20 mA (i.p.v. 0 – 10 barg). Een schakelwaarde van 9 barg komt dan overeen met 16 mA i.p.v. met 18.4 mA. De druk zal moeten stijgen tot 10.8 barg (i.p.v. 9 barg) vooraleer de beveiliging geactiveerd wordt.

Voor discrete schakelaars (bijvoorbeeld drukschakelaars) moet niet het meetbereik maar de schakelwaarde gecontroleerd worden.

Men mag zich, zeker bij de indienstname, niet beperken tot het aanbrengen van een

gesimuleerd elektrisch signaal (tussen 4mA en 20mA) om de goede werking van de kring te testen, omdat hierdoor het meetelement en de transmitter volledig buiten de controle blijven.

Validatie van eindelementen bij indienstname

122. Werd nagegaan of de nummering van de klep en de kabels correct is?
123. Werd nagegaan of het eindelement correct schakelt (juiste positie in functie van stuursignaal)?
124. Werd nagegaan of de klep naar de gewenste positie gaat bij uitval van perslucht?
125. Werd nagegaan of de klep naar de gewenste positie gaat bij uitval van stroom (naar de magneetventielen)?
126. Werd nagegaan of eventuele de positiemelders correct functioneren?

Deze controles veronderstellen dat de gewenste positie bij uitval van perslucht en stroom vermeld zijn op het testblad.

Validatie van de beveiligingsfunctie bij indienstname

127. Werd nagegaan of het schakelpunt correct is ingesteld?
128. Werd nagegaan of de beveiliging functioneert conform de specificatie:
 - correct stemgedrag van de metingen
 - correct schakelen van de eindelementen (gelijktijdig of in volgorde, eventuele vertragingen, ...)?
129. Werd het correct schakelen van de kleppen ter plaatse nagegaan (juiste positie, van de eerste keer, zonder haperen)?
130. Werd nagegaan of de beveiliging correct reageert bij draadbreek (signaal van 0mA)?
131. Werd nagegaan of de beveiliging correct reageert op het signaal dat het meetelement uitstuurt bij detectie van een fout (in geval de meting voorzien is van zelfdiagnose)?
132. Werd nagegaan of het alarm dat de werking van de beveiligingskring signaleert, functioneert?
133. Blijkt uit dit verslag dat getest werd of de overbruggingsfuncties correct werken?
134. Blijkt uit dit verslag dat getest werd of de "reset" functies correct werken?
135. Blijkt uit dit verslag dat getest werd of de manuele activering van de kring correct werkt (bijvoorbeeld als onderdeel van een "emergency shut down" functie)?

De beste manier om een instrumentele beveiliging te testen is het gecontroleerd opwekken van de procestoestand waaronder de instrumentele beveiliging moet werken. Dit is echter niet altijd eenvoudig en houdt een risico in. Een alternatief is het nabootsen van de werkingsvoorwaarden van de instrumentele beveiliging met een ongevaarlijke stof (bv. water).

Een derde mogelijkheid is het simuleren van de procesvariabele ter hoogte van het meetelement alleen (niet in de installatie zelf). Dit gaat wel niet na of de meting werkt als de procescondities in de installatie optreden. De interactie van het proces met het meetinstrument wordt niet getest. Bovendien bestaat het risico dat na de test de meting niet of verkeerd aangesloten wordt.

Een meetinstrument uitsluitend in een werkplaats testen is niet aan te bevelen. De mogelijke fouten die door montage en demontage worden geïntroduceerd worden op die manier niet gedetecteerd. De werking van het toestel wordt bovendien getest onder andere omstandigheden als in de installatie. Een drukschakelaar reageert bijvoorbeeld anders in horizontale dan in verticale positie. Indien een meettoestel gekalibreerd wordt in een atelier, dient nadien nog een test te gebeuren na de montage van het toestel in de installatie.

Een vijfde manier van testen is het aanleggen van het elektrische signaal dat de meting naar het beslissingsorgaan stuurt. Een dergelijke test is niet volledig omdat het de werking van het meetinstrument zelf niet test en ook niet de interactie van het meetinstrument met het proces.

4.4 In stand houden van de maatregel

4.4.1 Inspectie en onderhoud

Uitvoering van periodieke inspectie

136. Is de instrumentele beveiliging opgenomen in een inspectieprogramma?
137. Is de inspectiefrequentie gebaseerd op de betrouwbaarheidsberekeningen?
138. Beschikt de onderneming over een geschreven instructie voor het testen van de instrumentele beveiliging?
139. Zijn de testverslagen beschikbaar?
140. Kan aangetoond worden dat de acties die resulteren uit de test werden uitgevoerd?

Het beschikken over geschreven testinstructies is een uitdrukkelijke vereiste van de standaard IEC61511.

In het geval het beslissingsorgaan een gecertificeerde veiligheidsPLC's (voor SIL 3-toepassingen) is, wordt de inspectiefrequentie bepaald door de betrouwbaarheden van de eidelementen en de meetelementen. De veiligheidsPLC wordt meestal om de 10 jaar volledig getest door de leverancier.

Relaissystemen daarentegen dienen regelmatig getest te worden. Hierbij wordt ondermeer nagegaan of de contacten niet blijven plakken. Relaissystemen hebben ook geen interne diagnose. De frequentie zou moeten volgen uit de betrouwbaarheidsberekeningen.

Inhoud van de instructie voor periodieke inspectie

141. Blijkt uit deze instructie dat de correcte werking van elk meetelement wordt getest (meetbereik, correct outputsignaal in functie van gemeten waarde)?
142. Schrijft de instructie de werkwijze voor die gevolgd moet worden om na te gaan of de beveiliging functioneert conform de specificaties, rekening houdende met:
 - het stemgedrag van de metingen
 - de gewenste actie van de eidelementen (gelijktijdig of in volgorde, eventuele vertragingen, ...)?
143. Blijkt uit deze instructie dat de goede werking van de alarmen getest wordt:
 - de alarmen bij het bereiken van de alarmwaarden van de gemeten parameters
 - de alarmen bij activatie van de beveiliging
 - de alarmen van de zelfdiagnose?

Het verdient aanbeveling de testprocedure die gevolgd werd bij indienstname integraal over te nemen bij het uitvoeren van periodieke inspecties. Hierdoor kan men fouten opsporen die zouden gemaakt zijn bij werkzaamheden aan de instrumentele beveiliging (wijzigingen, herstellingen, onderhoud, ...). Uiteraard dienen deze werkzaamheden op zich ook gecontroleerd te verlopen, maar het is niet uit te sluiten dat een interventie aan de beveiliging aan deze controles ontsnapt of dat er ondanks het volgen van de procedures fouten worden gemaakt. Een grondige periodiek controle kan als extra vangnet dienen voor dergelijke gevallen.

Wat betreft het testen van de functionaliteit van de kring kunnen dezelfde opmerkingen gemaakt worden als voor de testen bij indienstname. De volledige functionaliteit zoals beschreven in het specificatiedocument moet gecontroleerd worden. De voorkeur gaat uit naar een kop-staart test die zo dicht mogelijk aansluit bij de reële werkingscondities van de beveiliging.

Voor een periodieke test kan echter ook aanvaard worden dat de volledige werking van de kring in twee stappen wordt getest:

- het deel van de instrumentele beveiliging van de meting tot het

- beslissingsorgaan
- test het deel van de instrumentele beveiliging van de meting tot het beslissingsorgaan.

4.4.2 Tijdelijk uit dienst nemen

Uit dienst nemen van de beveiliging (als geheel)

144. Zijn er "hard wired" drukknoppen of schakelaars om de instrumentele beveiliging (als geheel) te overbruggen (zogenaamde "Process Override Switches")?
145. Zo ja, zijn deze schakelaars vergrendeld met een sleutel?
146. Kan de instrumentele beveiliging uitgeschakeld worden via het controlesysteem (via een seriële link met het veiligheidssysteem)?
147. Is de toegang tot deze functies in het controlesysteem beveiligd door middel van een code of sleutel?
148. Wordt duidelijk zichtbaar gemaakt aan de operatoren in de controlezaal welke instrumentele beveiligingen uitgeschakeld zijn?

In het ideale geval zouden de individueel overbrugde instrumentele beveiligingen zichtbaar moeten gemaakt worden voor de operatoren, bijvoorbeeld via een overzichtspaneel waarop de uitgeschakelde kringen oplichten. Een alternatief is een signalisatie per installatie of deel van de installatie.

Uit dienst nemen van de metingen

149. Kunnen de metingen overbrugd worden?
150. Welke materiële maatregelen heeft de onderneming genomen om te vermijden dat de meting ongecontroleerd uit dienst wordt genomen?
151. Op welke wijze worden overbrugde metingen gesignaleerd naar de operatoren?

Sommige installaties zijn uitgerust met zogenaamde "MOS" ("Maintenance Override Switches") die toelaten de meting uit dienst te nemen wanneer de component onderhoud of herstelling nodig heeft. Een MOS wordt dus in principe bediend door het onderhoudspersoneel.

Dit kan op 3 manieren gebeuren:

- in ESD-kast met schakelaar per instrument
- in het DCS-systeem
- in de controlekamer met vast bedrade ("hard wired") schakelaars.

Indien deze MOS niet aanwezig zijn dan zal het overbruggen meestal gebeuren door bedrading aan te brengen in klemmenkasten. Er is dan telkens een risico dat de bedrading niet of te laat wordt weggenomen.

Het gebruik van MOS dient gevisualiseerd te worden, zodat er steeds een duidelijk (visueel) overzicht is welke metingen uit dienst zijn.

Verschillende materiële maatregelen zijn mogelijk om het ongecontroleerd overbruggen te verhinderen. Indien de overbrugging via de ESD-kast gebeurt, is een sleutel vereist om de mogelijkheid tot overbrugging per meting actief te maken. Indien de overbrugging via DCS gebeurt, kan eveneens gewerkt worden met een sleutel of code. Deze sleutels mogen uiteraard niet permanent op de ESD-kast of op het DCS-systeem aanwezig zijn.

De TÜV (een internationaal certificatie-instelling) schrijft voor dat indien het overbruggen gebeurt via DCS er steeds een vast bedrade (hard wired) schakelaar (of andere methode) moet zijn die alle overbruggingen uitschakelt.

Procedure om uit dienst te nemen

152. Is er een procedure voor het uit dienst nemen van een instrumentele beveiliging (geheel of gedeeltelijk)?
153. Worden in geval van het overbruggen van een beveiliging alternatieve maatregelen bepaald?
154. Welke maatregelen neemt de onderneming om te voorkomen dat instrumentele beveiligingen gedurende een (overdreven) lange periode uit dienst worden blijven?

Wordt de volgende informatie formeel geregistreerd:

- datum van uit dienst name
- maximale duur van uit dienst name
- reden van uit dienst name
- tijdelijke alternatieve maatregelen
- goedkeuring van bevoegd persoon.

Signalisatie

155. Worden de componenten van een instrumentele beveiliging ter plaatse gemarkeerd als veiligheidskritisch?

Een dergelijke markering heeft als voornaamste bedoeling het vermijden van ongecontroleerde werkzaamheden aan componenten van instrumentele beveiligingen.

4.4.3 Onderhoud en herstellingen

Inspectie na onderhoud of herstellingen

156. Is er een procedure die voorschrijft dat na onderhoud van of herstellingen aan een instrumentele beveiliging, de beveiliging geheel of gedeeltelijk wordt getest?
157. Wanneer een klep wordt uitgebouwd voor revisie en onderhoud, wordt dan na het terug inbouwen van de klep getest of deze correct functioneert conform de specificaties van de instrumentele beveiliging (schakelgedrag, faalpositie, eventuele vertragingen, enz.).

In functie van de omvang van het onderhoud of de herstellingen, dient vastgelegd te worden of de volledige instrumentele beveiliging of slechts een bepaalde gedeelte moet getest worden.

Kleppen die gereviseerd zijn, dienen opnieuw getest te worden. Mogelijke fouten die bij kleppen kunnen optreden zijn: faalactie omgedraaid, de kabels van het stuursignaal verkeerd of niet aangesloten, idem voor de kabels van de terugmeldingen van de klepstand,....

Verbinden van de metingen met de procesinstallatie

158. Is er een systeem om te verzekeren dat meetelementen die bij werkzaamheden geïsoleerd werden van de installatie, na het beëindigen van de werken terug verbonden worden met de installatie?

Sommige meetelementen kunnen gescheiden worden van de procesinstallatie door middel van handafsluiters.

Typisch voorbeeld: niveauschakelaar met standpijp. Als men de kleppen naar de standpijp niet open zet zal de beveiliging niet meer werken en dit wordt niet meer opgemerkt. Dit is een bijkomend argument om analoge metingen te gebruiken die dan continu kunnen vergeleken worden met de normale controlemetingen (die per definitie moeten in orde zijn om te kunnen opstarten).

In vele ondernemingen geldt de afspraak dat enkel het productiepersoneel deze afsluiters mag bedienen. Het productiepersoneel is in dat geval verantwoordelijk om deze meetelementen terug in verbinding te stellen met de installatie nadat het onderhoudspersoneel er werken aan heeft uitgevoerd.

Dergelijke afsluiters zouden opgenomen moeten zijn in een lijst met kleppen die in een bepaalde stand moeten staan (en indien mogelijk in deze stand vergrendeld zouden moeten zijn) alvorens de installatie kan opgestart worden.

4.4.4 Wijzigingen

Controle van wijzigingen

- 159. Is het wijzigen van instrumentele beveiligingen onderworpen aan een procedure?
- 160. Worden wijzigingen gedocumenteerd in het specificatiedocument?
- 161. Voorziet deze procedure in het uitvoeren van de nodige analyses?

Elke verandering aan een instrumentele beveiliging zou moeten verlopen volgens een gecontroleerd proces. In vele bedrijven valt een wijziging aan een instrumentele beveiliging onder het toepassingsgebied van de procedure voor het wijzigen van de installatie.

Indienstname na wijzigingen

- 162. Is er een procedure die voorziet in het uitvoeren van de nodige testen om te verzekeren dat de instrumentele beveiliging na wijziging nog steeds volledig voldoet aan de vooropgestelde specificaties?

De standaard IEC61511 schrijft voor dat na wijzigingen aan de logica van de instrumentele beveiliging de volledige functionaliteit volledig dient getest te worden.

Wijzigingen in het beslissingsorgaan

- 163. Hoe wordt de sleutel beheerd die toelaat softwareaanpassingen aan te brengen in het programma van de veiligheidsPLC?

Elke veiligheidsPLC heeft een sleutel die noodzakelijk is om softwareaanpassingen of overbruggingen ("forceren van signalen") te kunnen uitvoeren. Dit is niet dezelfde sleutel voor de vrijgave van de MOS.

Deze sleutel mag niet op het systeem zitten. In dat geval heeft deze vorm van beveiliging uiteraard weinig toegevoegde waarde.