

Preventie van en voorbereiding op ongevallen met chemische stoffen

Leren van incidenten met storingen in de stroomvoorziening

Het doel van dit bulletin is om inzicht te bieden in de lessen die zijn getrokken uit ongevallen die zijn gemeld in het Europese systeem voor het rapporteren van zware ongevallen (European Major Accident Reporting System, eMARS) en andere ongevaldatabases. JRC produceert elk jaar ten minste één Lessons Learned Bulletin. Elke editie van het bulletin is gericht op een specifiek thema.

Deze Nederlandse vertaling is verzorgd door het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) in opdracht van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW).

Ongeval 1 – Explosie en vrijkomen van een bijtend mengsel in een aluminiumfabriek

Beschrijving van de gebeurtenissen

Door een elektrische storing in een van de elektrische schakelkasten ontstond er een stroomstoring in een metaalbewerkingsfabriek, onder normale bedrijfsomstandigheden. Figuur 1 toont het schema van het elektrische distributiesysteem. In de fabriek wordt bauxiet tot aluminiumoxide verwerkt in een aantal door stoom verhitte drukvaten. De stroomstoring legde alle elektrisch aangedreven procesmachines stil, waaronder de pompen die de slurry en het residuuloog door het ontledingsproces voeren. Hierdoor werd het debiet en de druk in de tanks gestremd. De gasekstookte boilers in de krachtcentrale bleven echter stoom produceren, dat zich in de desilicator en drukvaten begon op te hopen.

De toegenomen druk in de tanks in de drukvatruimte nam minder snel af dan verwacht, doordat twee drukontlastingssystemen in de drukvatruimte niet goed functioneerden. Het druktransmitter-systeem dat de drukvaten zou moeten beschermen, was kort voor de explosie uitgeschakeld en was daardoor niet operationeel.

Verder was de stromingsdoorsnede? van de ontlastingsleidingen en de overloopleiding (de verbinding tussen de blow-offtank en de ontlastingstank) sterk verminderd door een extreme ophoping van aanslag. Dit belemmerde de mogelijkheid om de toegenomen druk in de vaten in de drukvatruimte te ontlasten. Vanwege al deze factoren nam de druk in de desilicator, de vier drukvaten, de negen flashtanks en de blow-offtank toe. Alle pompen stopten, inclusief de pompen die het procesmateriaal voor afkoeling door de warmtewisselaars laten circuleren. In diverse vaten ontstond overdruk waardoor ze explodeerden en er zeer corrosief bijtend materiaal vrijkwam. Hierdoor raakten medewerkers gewond en werd de fabriek ernstig beschadigd. Onderzoek wees uit dat de explosie plaatsvond als gevolg van de opbouw van te hoge druk in een vat of meerdere vaten in de drukvatruimte van de fabriek en het daaropvolgende scheuren van het vat of de vaten. Door de gescheurde vaten werd oververhitte vloeibare inhoud aan de atmosferische druk blootgesteld, met een boiling liquid expanding vapor explosion als gevolg.

Dit 15e nummer van het Lessons Learned Bulletin (LLB) richt zich op industriële ongevallen die ontstaan door stroomstoringen. Het LLB sluit aan bij de komende publicatie van het technisch verslag van de JRC over storingen in de stroomvoorziening bij industriële ongevallen. Voor dit onderzoek hebben we een analyse gemaakt van 90 verslagen van chemische ongevallen in verschillende industriële sectoren, waarbij een stroomstoring onderdeel uitmaakte van de volgorde van de gebeurtenissen, hetzij als initiërende gebeurtenis of als secundaire oorzaak. Als de oorzaak van de stroomstoring intern is, kunnen er twee leerpunten worden vastgesteld. In het eerste leerpunt draait het om het voorkomen van de stroomstoring zelf en het tweede leerpunt heeft betrekking op het voorkomen van het vrijkomen van stoffen na een stroomstoring. De termen 'incident' en 'ongeval' worden door elkaar gebruikt.

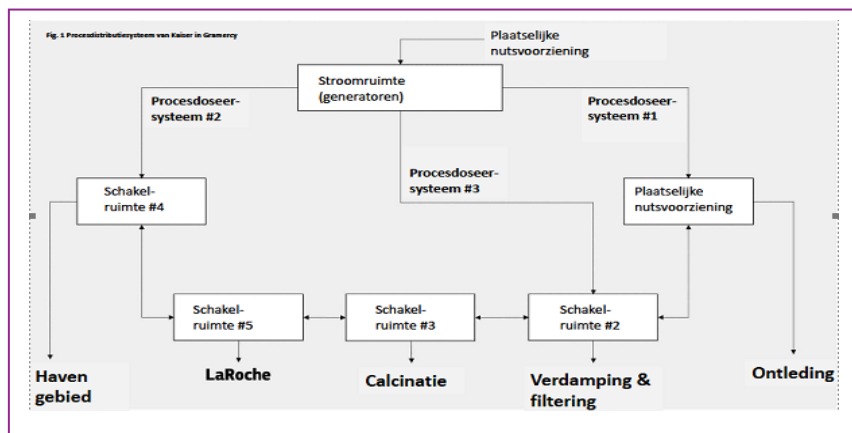
Opmerking:

De omschrijvingen van ongevallen en de lessen die daaruit getrokken kunnen worden, zijn herleid uit de meldingen die zijn ingediend in het eMARS-systeem van de EU op

<https://emars.jrc.ec.europa.eu>

of in andere open bronnen. eMARS bevat ruim 1100 meldingen van ongevallen met chemische stoffen die zijn ingediend door EU-lidstaten en OESO-landen.

In het bulletin worden de leerpunten benadrukt die het meest van belang worden geacht voor het onderwerp. De beschikbare informatie over het ongeval is echter vaak onvolledig en de leerpunten zijn gebaseerd op wat kan worden afgeleid uit de omschrijvingen. De auteurs bedanken de experts voor hun adviezen ter verbetering van de omschrijvingen van de geselecteerde gevallen.



Bron: United States Department of Labor. Onderzoeksverslag: Niet-fataal ongeval met explosieve vaten. Mine Safety and Health Administration. Arlington, VA, 5 juli 1999. <https://ncsp.tamu.edu/reports/MSHA/msha.htm>

(Vervolg Ongeval 1)

Door de kracht van de explosie raakten 29 medewerkers gewond, waarvan velen zwaargewond. De drukvatruimte werd zeer zwaar beschadigd en er kwam meer dan 180 ton natriumhydroxide vrij in de atmosfeer. Verder braken er ruiten en was er lichte constructieve schade in drie stadjes binnen een straal van 5 kilometer van de explosie. Verschillende omwonenden klaagden bovendien over ademhalingsproblemen.

Belangrijke bevindingen

Het ongeval werd veroorzaakt door een samenloop van twee onafhankelijke fouten die resulteerden in een ramp. De eerste fout was het niet tijdig inspecteren en onderhouden van het elektrische verdeelsysteem. Onderzoek heeft aangetoond dat de elektrische storing waarschijnlijk werd veroorzaakt doordat drie transformatorcabels in contact met een 'bus' kwamen, een star verbindingpunt voor het verder verdelen van de elektriciteit. Deze kabels waren niet stevig vastgezet en zijn blijkbaar losgeraakt waardoor zij in contact met het verbindingpunt konden komen.

De tweede fout was het buitengewoon slechte risicomangement in het productieproces, waardoor er praktisch geen weerbaarheid was bij een stroomstoring. Volgens het onderzoeksrapport was het risicobewustzijn onder zowel het personeel als de leidinggevenden laag en werden afwijkingen en ad-hoc oplossingen voor veiligheidsfouten in de fabriek als normaal beschouwd. Voorbeelden:

- Het kwam regelmatig voor dat er drukpieken ontstonden in het ontledingsproces, waardoor een flashtank zich plotseling vulde met slurry, hoewel de drukontlastingskleppen en leidingen uitsluitend waren ontworpen voor gebruik met stoom. Tijdens deze procesverstoringen kon slurry via de drukontlastingskleppen in de leidingen van het drukontlastingsstelsel terechtkomen. De slurry hoopte zich vervolgens op en verhardde in de kleppen en leidingen.
- Getuigen meldden ook dat de slurryafzetting in de dampleidingen een constante zorg van het management was, omdat de door de warmtewisselaars opgevangen gecondenseerde stoom erdoor werd afzetting vervuilde. Om te voorkomen dat ontlastingskleppen in zulke situaties zouden lekken, isoleerde het personeel de kleppen routinematig door de afsluiters daaromheen te sluiten. Dit stelde de kleppen ook buiten gebruik, waardoor de bescherming van het drukontlastingsstelsel afnam.
- Uit het onderzoek bleek dat de medewerkers van de fabriek zelfs geen oppervlakkige kennis van de werking van het ontledingsstelsel hadden. Ze waren niet opgeleid in het herkennen van gevaren, zoals niet-functionerende drukontlastingskleppen, en wisten niets over de maximale bedrijfsdrukken van elk vat, noch waren ze opgeleid om op onverwachte stroomstoringen te reageren.
- Bovendien waren de leidinggevenden van de fabriek die ten tijde van de explosie aanwezig waren, niet bekend met het stroomverdeelsysteem, waardoor zij de locatie van de stroomstoring niet konden vaststellen om de stroom snel te herstellen.

Leerpunten

Voorkom elektrische storingen. Elektrische storingen treden meestal op in de fysieke bedrading van het elektrische verdeelsysteem of op het niveau van de afzonderlijke apparatuur. De omstandigheden voor elektrische storingen kunnen door een veelvoud van fouten in installatie en onderhoud ontstaan. De fysieke bedrading moet door een gecertificeerde elektricien worden gecontroleerd en regelmatig worden getest om te zorgen dat er geen fouten ontstaan in de kabels en aansluitingen. Verdeelkasten, schakelaars en bedrading staan bloot aan slijtage (veroudering) waardoor ze onbruikbaar worden of anderszins defect raken. De elektrische apparatuur en voorzieningen moeten tegen extreme temperatuur, vocht en andere bronnen van slijtage worden beschermd.

Verzorg training voor scenario's van stroomstoringen en het veilig herstellen hiervan. Fabriekspersoneel, zowel de werknemers als de leidinggevenden, moet worden getraind in het reageren op een stroomstoring om een veilig herstel te maximaliseren. De leidinggevenden moeten de stroomstoring kunnen beoordelen en onmiddellijk passende actie ondernemen om de negatieve gevolgen te pareren. Werknemers moeten worden geïnformeerd over wat er bij een stroomstoring kan gebeuren en over hun rol bij het veilig herstellen van het proces.

Bescherm het proces en de apparatuur tegen onveilige handelingen. Het proces mag niet standaard negatieve bijwerkingen creëren, zoals verontreinigde stoom in de warmtewisselaar, die het personeel dwingen om ter voorkoming hiervan onveilig te handelen, zoals het uitschakelen van beveiligingsapparatuur. De operator moet de werkplek regelmatig onderzoeken om gevaarlijke omstandigheden en handelingen te identificeren en deze direct corrigeren.

In het geval van een stroomstoring bepaalt de staat van de gebruikte apparatuur vaak het verschil tussen een ongeval met weinig of geen gevolgen en een grote calamiteit. De onveilige omstandigheden bij het gebruik van de drukvaten heeft ook de integriteit van de veiligheidsapparatuur aangetast, waardoor verstoppingen in de ontlastingskleppen en leidingen zijn ontstaan. Een van de hoogste prioriteiten in de fabriek moet met name het in stand houden van de integriteit van de veiligheidsapparatuur zijn, zodat deze bij behoefte altijd beschikbaar is.

Zorg voor de beschikbaarheid van drukontlastings-systemen. Een intrinsiek veilig ontwerp van het proces moet met alle procesomstandigheden rekening houden. Stroomstoringen kunnen de verbruiksunits van een installatie en de circulatie van procesmedia (via drukvaten, spoel- of tussenopslag tanks) aantasten, terwijl de productieunits nog actief zijn. Het ontwerp voor nooduitschakeling (logica) moet er rekening mee houden dat mogelijk nog werkende apparatuur upstream van het aangetaste gebied, uitgeschakeld moet worden om overdruk te voorkomen. Dit kunnen onder andere gasgestookte ketels voor de stoomproductie zijn of compressoren/pompen die op een aparte (niet-aangetaste) voeding zijn aangesloten. Leidingen, apparatuur voor procescirculatie en tussenopslag tanks downstream van processen waar de stroom is uitgevallen, moeten in staat zijn om mogelijke binnenkomende stromen uit dat gebied op te vangen. Tegelijkertijd moet de apparatuur, als de productie upstream stopt, tegen uitval vanwege doorlopende werking zonder procesmedium worden beschermd (bijv. compressoren die drooglopen).

De beschrijving van de gebeurtenissen en belangrijke bevindingen is afkomstig uit: *United States Department of Labor. Report of investigation: Nonfatal Explosive Vessels Accident. Mine Safety and Health Administration. Arlington, VA. 5 juli 1999.*

<https://ncsp.tamu.edu/reports/MSHA/msha.htm>

Ongeval 2 – Vrijkomen van chloor in een chemische fabriek na een storing van de openbare stroomvoorziening

Beschrijving van de gebeurtenissen

Een chemische fabriek had tijdelijk last van stroomuitval toen de openbare stroomvoorziening kort werd onderbroken en vervolgens de noodstroomvoorziening ook niet werkte. In een van de installaties werd gas dat door een chemische reactie ontstaat (een mengsel van chloor, stikstof, zoutzuur en koolstofdioxide) gescheiden in verschillende stromen. Na de stroomuitval is er 120 kg chloorgas op maaiveldniveau vrijgekomen.

Een wolk chloorgas dreef richting een nabijgelegen afvalverwerkingsbedrijf, waar 32 medewerkers bezig waren met de bouw van een nieuwe chemische oven. Zij hebben de chemische fabriek van het gevaar op de hoogte gebracht. De locatie werd, op een ietwat chaotische manier, geëvacueerd en de medewerkers met klachten werden in het ziekenhuis onderzocht.

(vervolg op pagina 5)

Risicomanagement van chemische ongevallen bij stroomstoringen: voorkomen en voorbereid zijn

Ondanks recente investeringen in smart grid-technologieën en alternatieve energiebronnen vormen stroomstoringen nog steeds een aanzienlijke bedreiging voor alle sectoren

Voor alle sectoren is toegang tot energiebronnen van essentieel belang. Of het nu gaat om chemische productie, raffinaderijen of magazijnen, de productiviteit en bedrijfscontinuïteit zijn voor een groot deel afhankelijk van de ononderbroken stroomtoevoer. De kans op stroomstoringen kan echter ook bijdragen aan risico's op chemische ongevallen op gevaarlijke locaties. Onverwachte stroomstoringen die bijvoorbeeld door een natuurlijke oorzaak of storing van apparatuur worden veroorzaakt, kunnen ertoe leiden dat gevaarlijke stoffen zich kunnen verspreiden. Als stroomonderbrekingen en herstarts bewust worden uitgevoerd, moeten deze vooraf worden gepland, zodat het onbedoeld vrijkomen van gevaarlijke stoffen wordt vermeden.

Het Major Accident Hazards Bureau (MAHB) van het Joint Research Centre van de Europese Commissie heeft rapporten van 90 chemische ongevallen uit meerdere industriële sectoren bestudeerd om inzicht te krijgen in hoe en waarom stroomstoringen chemische incidenten veroorzaken en om werkwijzen te bepalen waarmee ze kunnen worden voorkomen en de gevolgen worden beperkt. De bevindingen zijn geanalyseerd om leerpunten op te stellen die de risicobeoordeling en het risicomanagement op gevaarlijke sites ondersteunen.

Gevolgen van ongevallen op gevaarlijke sites die aan stroomstoringen zijn gerelateerd

Het ongevallenrapport geeft aan dat stroomstoringen op gevaarlijke sites sinds 1981 wereldwijd 21 dodelijke slachtoffers en meer dan 9.500 gewonden hebben veroorzaakt, naast de aanzienlijke materiële schade en productieverlies door branden en explosies als gevolg daarvan. Een stroomstoring kan verwoestende gevolgen hebben. De rampzaligste gebeurtenis uit het onderzoek deed zich voor in 1982 in Sakai (Osaka) in Japan, toen 6 mensen zijn overleden en 9.080 mensen gewond raakten (waarvan 8.876 buiten de locatie), en 1.788 gebouwen zijn verwoest. Een ander voorbeeld is het stroomstoring-gerelateerde ongeval dat zich in Puertollano in Spanje voordeed, waarbij 9 dodelijke slachtoffers en 10 gewonde personen te betreuren vielen en circa € 54 miljoen aan materiële schade werd veroorzaakt en meer dan 25% van de fabriek verwoest. Opmerkelijk is dat veel incidenten aanzienlijke gevolgen buiten de locatie hadden, met name door het vrijkomen van giftige stoffen. In meer dan de helft van de gevallen (48 gevallen ofwel 53%) was er sprake van het vrijkomen van giftige stoffen en daarvan was in 12 gevallen (13%) evacuatie en bescherming nodig. Een voorbeeld is een stroomstoring in 2008 bij een raffinaderij in Antwerpen in België, waardoor waterstofsulfide vrijkwam. De giftige wolk trok over een afstand van circa 50 km over België en een deel van Nederland, waarbij honderden personen gevolgen hebben ondervonden en 57 personen medische hulp nodig hadden. Toch heeft slechts een klein aantal gevallen (8%) een aanzienlijke impact op het milieu gehad, waarbij voornamelijk het aquatisch milieu werd aangetast. In één geval, in 2012, is na een stroomstoring afvalwater van een suikerraffinaderij vrijgekomen dat het riviertje de Oeuf in Pithiviers-le-Vieil in Frankrijk heeft vervuild, met massale vissterfte als gevolg.

Kenmerken van stroomstoringen

Ons onderzoek heeft aangetoond dat er een aantal overeenkomsten bestaat tussen stroomstoringen en gevaarlijke sites.

Stroomstoringen:

- zijn vaak onvoorspelbaar (d.w.z. weersomstandigheden of storing van de nutsvoorziening);
- kunnen meerdere units en apparatuur aantasten (storingen met gemeenschappelijke oorzaak);
- kunnen vrijwel alle sectoren beïnvloeden met een of meerdere onbedoelde gevolgen;
- kunnen units verstoren en de procesveiligheid aantasten, soms op onvoorzien manieren;
- kunnen een vertraagde impact hebben indien de procesgevolgen niet worden herkend en beheerst;
- kunnen ernstige gevolgen hebben als een zwakke procesveiligheid de oplettendheid van de operator al heeft verzwakt;
- kunnen een aanzienlijke invloed op voorzieningen hebben, zelfs als er geen stoffen vrijkomen, zoals productverlies door affakkelen, inkomstenverlies door stillegging van de fabriek en schade aan apparatuur en gebouwen.



Figuur 2. Impact van stroomstoringen

Scenario's veroorzaakt door een primaire storing in de externe stroomvoorziening

Van alle bestudeerde ongevallen zijn 34 incidenten (ofwel 38%) veroorzaakt door het wegvallen van de externe stroomvoorziening. Stroomstoring of -uitval kan in twee verschillende categorieën worden verdeeld: spanningsuitval (blackout) en spanningsdaling (brownout). Spanningsuitval betreft een complete uitval van stroom, terwijl spanningsdaling optreedt als er verstoringen in de stroom optreden, zoals spanningssschommelingen (gedeeltelijke uitval) die schade aan elektronica of apparatuur kunnen veroorzaken. Stroomleveranciers kunnen in noodgevallen spanningsdaling toepassen voor het verkrijgen van belastingreductie of om een complete spanningsuitval te voorkomen. Elk elektrisch apparaat reageert op een andere wijze op deze spanningssschommelingen: sommige kunnen ernstig worden aangetast terwijl andere totaal niet worden beïnvloed. In de bestudeerde incidenten is in 20 gevallen (22%) de openbare stroomvoorziening uitgevallen, terwijl in 14 gevallen (16%) extreme weersomstandigheden werden gemeld als de bepalende factor die tot achtereenvolgende technische storingen met een daaropvolgende stroomuitval heeft geleid. Elektrische onderverdeelstations, hetzij intern of extern bij een installatie, alsmede het stroomnet, ondervonden storingen na voornamelijk onweer (12 gevallen) of zware sneeuwval.

Chemische ongevallen na stroomstoringen zijn een combinatie van twee opeenvolgende incidenten. Het eerste incident is de stroomstoring zelf, soms ook gevolgd door het uitvallen van back-upsystemen. Het daaropvolgende tweede incident begint met het vrijkomen van stoffen dat door de stroomstoring wordt veroorzaakt. De reactie op de stroomstoring door de installatie bepaalt voor een groot deel het resultaat van het tweede incident. Een gecontroleerde reactie kan het opstarten van stilleggingsprocedures inhouden of het oplossen van de stroomstoring door de voeding van de installatie naar een redundante stroombron over te schakelen. Veilig herstel van een stroomstoring vermijdt de opeenvolgende gebeurtenissen die leiden tot het vrijkomen van stoffen en mogelijk een ernstig of catastrofaal chemisch ongeval.

Normaliter worden stroomstoringen gevolgd door een van de volgende omstandigheden:

- Ondersteund door een ononderbroken stroomvoorziening (uninterrupted power supply, UPS) wordt verbinding gemaakt met een back-upvoeding en/of wordt de site gecontroleerd stilgelegd;
- Ondersteund door een UPS-systeem blijft de site functioneren, maar de back-upvoeding faalt en er wordt een gecontroleerde noodstillegging uitgevoerd voor de site;

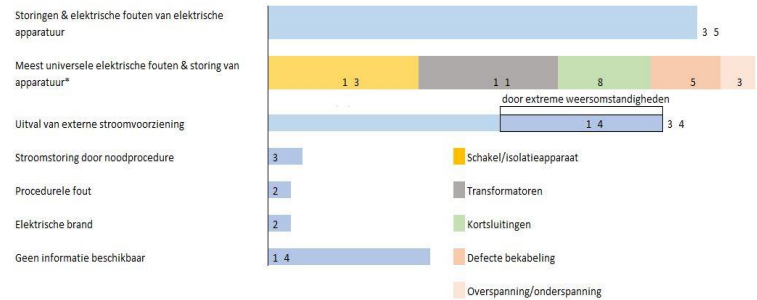
- Zonder back-upvoeding ondergaan sommige processen of de gehele locatie een ongecontroleerde noodstillegging;
- Volgend op de geplande of ongeplande stillegging wordt de locatie of de specifieke processen weer opgestart. Dit is het herstel.

Er zijn altijd hoge risico's, zelfs bij gecontroleerd stilleggen en opstarten. Ongecontroleerde noodstilleggingen houden nog hogere risico's in, maar fabrieken kunnen maatregelen plannen die de impact van dit soort gebeurtenissen verminderen.

Oorzaken van primaire stroomstoringen

Het JRC-onderzoek heeft ook uitgewezen dat uitval van de primaire stroomvoorziening voornamelijk te wijten was aan storingen van elektrische apparatuur of onderdelen op de locatie (35 gevallen, ofwel 39%), zoals in figuur 3 is aangegeven. De meeste storingen van elektrische apparatuur hadden betrekking op:

- Elektrische schakel- en isolatieapparatuur, zoals groepsschakelaars en zekeringsautomaten die niet op commando openen of sloten (13 gevallen);
- Storingen van transformatoren (11 gevallen);
- Kortsluitingen (bijv. door foutieve apparatuur, losse bedragsaansluitingen) met abnormaal hoge stromen door apparatuur of transportleidingen tot gevolg (8 gevallen);
- Defecte bekabeling (door onjuiste installatie of onvoldoende onderhoud) (5 gevallen);
- Te lage spanning (beperking van de systeemspanning) of te hoge spanning (stijging van het spanningsniveau) die de 'stroomkwaliteit' aanzienlijk beïnvloedt en onderbreking van stroom van en naar apparatuur veroorzaakt (3 gevallen).



Figuur 3. Oorzaken van storing van primaire stroomvoorziening (N=90) (*sommige gevallen hebben meer dan een storing)

Storingen in de redundante stroomvoorziening

In 33 gevallen (37%) waren redundante systemen aanwezig maar deze weigerden dienst, waardoor correct herstel van de primaire stroomstoring niet mogelijk was. De meeste storingen met betrekking tot back-upvoedingssystemen zijn gevonden in generatoren. Kenmerkende scenario's zijn:

- Storing van lokale generatoren (hetzij stoom of fossiele brandstof) (19 gevallen);
- Storing in de schakeling tussen de primaire stroomvoorziening en de aanwezige back-upsystemen (7 gevallen);
- Storing van het UPS-systeem (4 gevallen);
- Overige algemene fouten, zoals kortsluiting (4 gevallen) en over- of onderspanning (2 gevallen), leidden tot verlies van de redundante stroomvoorziening.

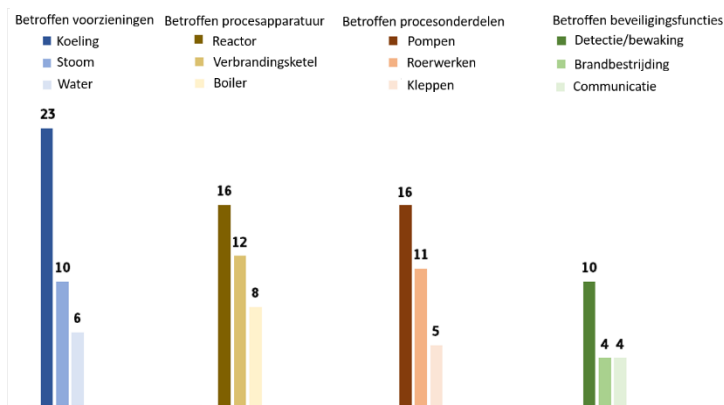
Impact van stroomstoringen op installaties

Elektriciteit wordt voor een aantal verschillende doeleinden in procesinstallaties gebruikt. Stroomstoringen hebben vaak negatieve gevolgen voor installaties wanneer het lijkt of het een algemene storing is en er meerdere procesaspecten tegelijkertijd verstoord worden. In tien gevallen (11%) was bijvoorbeeld het koelen en roeren van de reactor tegelijkertijd uitgevallen. In twee van deze gevallen waren ook de brandbestrijding en alarmen na een stroomstoring uitgevallen. Stroomstoringen kunnen daardoor het soepel functioneren van diverse fabrieksprocessen beïnvloeden, zoals:

- De werking van machines, verwarming, koeling, drukveiligheidskleppen en instrumenten;
- Het standaard procesregelsysteem, bewakingsapparatuur en alarmen, evenals de regelmechanismen zoals kleppen, pompen of roerwerken;
- Bedrijfszekere instrumenten en noodapparatuur.

Daarnaast kunnen digitale regelcircuits onderbrekingen ondervinden. Tijdens een scenario met onderspanning kunnen stuursignalen dalen tot onder de grenswaarde waarbij de logische controllers de staat van de betreffende apparatuur betrouwbaar kunnen vaststellen (klep open of dicht, motorpomp open/dicht of stroming downstream/upstream). Bij herstel kan het signaal afwijken van de werkelijke positie van de apparatuur, wat kan leiden tot onbedoelde blokkering of stroming.

Stroomonderbreking kan leiden tot een opeenstapeling van storingen in een installatie. Dit is geconstateerd in gevallen waar door stroomonderbreking boilers onbruikbaar werden en daardoor de stoomproductie werd aangetast.



Figuur 4. Procesinstallaties, apparatuur, onderdelen en beveiligingsfuncties aangetast door de stroomstoring (N=90)

In de gevallen waar stroomonderbreking een of meerdere voorzieningen negatief beïnvloedde, was koeling het vaakst aangetast (23 gevallen ofwel 26%), zoals aangegeven in figuur 4. Uitval van elektrische pompen heeft uitval van koeling tot gevolg, omdat de warmtewisseling primair afhangt van het voortdurend werken van de pomp, zowel voor de procesvloeistof als het koelwater. Een plotselinge stroomschommeling kan de overspanningsbeveiliging van de motor activeren en de pomp stoppen waardoor leidingen worden geblokkeerd. Er zijn ook gevallen waargenomen waarbij pompen na een stroomuitval werden uitgeschakeld terwijl ze open stonden, waardoor procesmateriaal onbedoeld kon stromen. Andere voorbeelden van aangetaste koelapparatuur zijn ventilatoren van luchtgekoelde warmtewisselaars en ventilatoren op ovens of verbrandingsketels die het ontstaan van een brandbare of explosieve atmosfeer moeten voorkomen.

Reactoren waren de meest kwetsbare apparatuur, omdat het koelen en/of roeren van reactormengsels in 16 gevallen (18%) was uitgevallen, wat tot mogelijke runaway-scenario's kon leiden. In 12 gevallen (13%) was er na een stroomuitval sprake van uitval van verbrandingsketels die nodig zijn voor processen zoals stoomkraken, en boilers voor de stoomproductie (een van de meest fundamentele systemen van een raffinaderij of chemische verwerkingsinstallatie) vielen in acht gevallen (9%) uit. Onder overige apparatuur die door stroomuitval werd aangetast, bevonden zich onder andere pompen die procesmateriaal, brandbestrijdingswater of koelvloeistoffen laten circuleren (16 gevallen ofwel 18%) en roerwerken voor reactormengsels (11 gevallen ofwel 12%).

In een aantal gevallen viel de functionaliteit van risicobeperkende en noodapparatuur uit. Beveiligingsfuncties, zoals gasdetectoren en bewakingssystemen (bijv. niveausensoren) werden in 10 gevallen (11%) door de stroomstoring aangetast. In vier gevallen werden brandbestrijding, brandkranen of sprinklers onbruikbaar geacht na de stroomstoring, terwijl in nog eens vier gevallen de interne of externe communicatie naar het gebouw was uitgevallen.

(Vervolg ongeval 2)

Belangrijke bevindingen

- Gezien het feit dat de chloorgasbehandelingsunit in storing was, had het gas via een door twee ventilatoren gecreëerd vacuüm naar een wassysteem moeten worden geleid om het chloor te verwijderen. Zonder de energiebron waren de ventilatoren echter gestopt. Tegelijkertijd vereiste het beveiligingssysteem dat de klepopening naar het affakkelen gesloten moest zijn.
- De uitstoot werd niet opgemerkt en er klonk geen gasalarm omdat het chloorgas, dat zwaarder is dan lucht, onder het chloordetectiesysteem (gemonteerd op 3 m hoogte) door ging. Het is echter waarschijnlijk dat dit systeem door de afwezigheid van stroom ook niet actief was.
- Helaas kostte het de operator bijna 8 minuten om de instanties van het vrijkomen van het gas op de hoogte te brengen, omdat het telefoonnetwerk door de algemene stroomstoring overbelast was.

Leerpunten

Storing van het back-upsysteem. De installatie was met een noodstroomvoorziening uitgerust, maar deze functioneerde niet bij behoefte. De meeste installaties gebruiken een onderbrekingsvrije stroomvoorziening (UPS) die de installatie tegen onderbreking van de ingangsstroom beschermt. De door de UPS geleverde stroom duurt kort en geeft genoeg tijd om de installatie veilig stil te leggen of om de back-upgenerator op te starten. De UPS is de back-up voor het digitale regelsysteem om de werking van de installatie te regelen totdat de systemen veilig kunnen worden stilgelegd of de hulpgenerator het overneemt. De UPS is cruciaal voor de veiligheid en er moeten diagnostische tests worden uitgevoerd met de door de fabrikant aanbevolen intervallen. De accu moet bij overschrijding van de verwachte levensduur worden vervangen.

Storingen van back-upsystemen kunnen worden veroorzaakt door corrosie, interne kortsluitingen, zelfontlading, opdroging en defecte afdichting, die op hun beurt, afhankelijk van het type storing, kunnen worden veroorzaakt door een onjuist ontwerp (bijv. verkeerd voltage), onjuiste opslagomstandigheden (bijv. hoge temperatuur, langere periode zonder gebruik), te zwaar of onjuist gebruik of gebrek aan onderhoud, regelmatige inspecties en tests.

In verband met de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van back-upsystemen moeten operators:

1. ervoor zorgen dat de back-upsystemen geen storing vertonen bij dezelfde omstandigheden waardoor de primaire stroomstoring ontstond (bijv. bij overstroming);
2. proberen een oplossing te vinden (indien mogelijk) waarmee de installatie veilig kan worden stilgelegd, zelfs als de primaire en back-upsystemen beiden een storing hebben;
3. als dit niet mogelijk is, beoordelen wat er zou gebeuren als beide systemen zijn uitgevallen;
4. regelmatig alle back-upsystemen inspecteren, onderhouden en testen om ervoor te zorgen dat ze bij behoefte klaar zijn voor gebruik.

Risicobeoordeling. Het vrijkomen van chloorgas en het niet ontdekken van het gas maakt het aannemelijk dat in de risicobeoordeling bepaalde factoren over het hoofd zijn gezien. Zo is wellicht niet beschouwd dat de back-upstroomvoorziening verstoord zou kunnen zijn. De risicobeoordeling moet ook verzekeren dat detectiesystemen correct werken en dat de bedrijfszekere stand van regelkleppen juist is geprogrammeerd.

Communicatienetwerken. Het is eenvoudig te voorzien dat een stroomstoring van het net een overbelasting van communicatienetwerken zal veroorzaken, omdat bedrijven en omwonenden willen weten wat er is gebeurd of de veroorzaakte problemen willen oplossen. Plaatselijke autoriteiten moeten samenwerken met de diverse belanghebbenden, zoals netwerkproviders, risico-instanties en hulpverleners om noodprocedures vast te stellen voor communicatie bij een crisis, waaronder het voorrang geven van bepaalde interacties en klanten, het regelen van extra capaciteit enz.

Bron: eMARS nr. 259, 15 november 1991, ARIA nr. 14438
<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr>

Ongeval 3 – Vrijkomen van ammoniak bij een koelhuis

Beschrijving van de gebeurtenissen

Na een stroomuitval bij een koelhuis is er door een serie van procedurefouten 14,5 ton watervrije ammoniak vrijgekomen. Ten tijde van het incident was men bezig om twee internationale schepen te laden met bevroren pluimvee, toen het koelsysteem van de installatie een hydraulische schok ondervond die leidde

tot een catastrofaal defect van het leidingstelsel. De ammoniakwolk ontsnapte uit een op het dak gemonteerde leiding en trok over een afstand van circa 0,4 km over de rivier die langs het koelhuis loopt.

Drie medewerkers gingen naar het dak en wisten ongeveer 4 uur na het eerste vrijkomen van de ammoniak de kleppen te sluiten. Alle andere medewerkers werden geëvacueerd naar een bovenwindse locatie ten opzichte van de ammoniakwolk. De ammoniak die door de defecte verdamperspoel vrijkwam uit de snelvriezer heeft 3,6 miljoen kilo pluimvee en verpakkingsmateriaal verontreinigd. Later op die dag werden er in de vervuilde snelvriezer ammoniakconcentraties tot wel 7.275 ppm gemeten.

Het merendeel van de ammoniak is vrijgekomen via een gedeeltelijk beschadigde aanzuigleiding, met een diameter van 12 inch, van het systeem op het dak. In het gebouw werd ook ammoniak gedetecteerd als gevolg van een tweede lek, veroorzaakt door een breuk in de verdamperkop van de snelvriezer.

Een van de medewerkers van het koelhuis liep verwondingen op na kort het bewustzijn te hebben verloren door inademing van



Figuur 5. Gebroken eindkap met een diameter van 12 inch van een lage-temperatuur-aanzuigleiding op het dak van het gebouw.

Bron: United States Occupational Safety and Health Administration (OSHA), zoals opgenomen in het Safety Bulletin, Key Lessons for Preventing Hydraulic Shock in Industrial Refrigeration Systems, Anhydrous Ammonia Release at Millard Refrigerated Services, Inc., van de United States Chemical Safety and Hazard Investigation Board, januari 2015

ammoniak. Daarnaast bevonden zich benedenwinds bemanningsleden van de schepen die aan de kade lagen en 800 opdrachtgevers die een olie lekkage opruimden. Negen bemanningsleden van de schepen en 143 van de externe opdrachtgevers benedenwinds hebben een blootstelling gemeld. Van de blootgestelde slachtoffers moesten er 32 naar het ziekenhuis en 4 naar de intensive care.

Belangrijke bevindingen

- Schade door hydraulische schok wordt meestal veroorzaakt door condensatie. Dit komt regelmatig voor in ammoniaksystemen met lage temperatuur. Schokken door condensatie gebeuren vaak bij de overgang van hoge temperatuur en druk naar lage temperatuur en druk tijdens en na het ontdooien van verdampers met een heet gasvormig koelmiddel. Het onderzoek concludeerde dat de vrijgekomen ammoniak bij deze gebeurtenis het resultaat was van schok door condensatie, of van, door damp voortgestuwde vloeistof, ofwel van een combinatie van beide, waardoor de verdeelleiding van de verdamper en de aanzuigkop braken.
- In de middag voor het ongeval had het gebouw en het koelsysteem een stroomuitval te verduren die langer dan 7 uur heeft geduurd. Terwijl er getracht werd problemen met de apparatuur te verhelpen op het moment dat het systeem weer stroom ontving, schakelde de operator van het koelsysteem handmatig een alarm in het systeem uit.
- Hierdoor werd de ontdooicyclus onderbroken die bezig was voor een verdamper voor snelvriezen.
- Doordat de operator handmatig ingreep om het alarm uit te schakelen en zo het regelsysteem resette, herkende het regelsysteem bij het openen van de aanzuigafsluiter tijdens de herstart van het systeem niet dat de verdamper voor snelvriezen heet gas onder hoge druk bevatte. Het regelsysteem gaf zelfs het signaal aan de aanzuigafsluiter en de vloeistoftoevoer kleppen om gelijktijdig te openen, zodat de verdamper naar de koelstand zou terugkeren. Door deze handmatige omzetting van het geprogrammeerde ontdooien konden de lage-temperatuur vloeistof en het hete gas in dezelfde leiding mengen, waardoor het volume van het hete gas verloren ging door de snelle condensatie tot vloeistof. Dit leidde tot drukschokken met breuken in de verdeelleiding van de verdamper en de lage-temperatuur aanzuigleiding op het dak als gevolg.
- De medewerkers trachtten de bron van de vrijkomende ammoniak te isoleren terwijl de apparatuur upstream nog

werkte, in een poging het afsluiten van de koeling voor het hele gebouw te voorkomen. Daardoor was de vrijgekomen hoeveelheid beduidend groter dan wanneer men gewoon getracht had om het systeem uit te schakelen. Volgens de bedrijfsprocedures had de fabrieksengineer de noodstopknop eerder moeten indrukken, maar deze nam de beslissing om de bron op te sporen en te isoleren.

- Toen de medewerkers op het dak de bron van het lek probeerden te isoleren, was alle overige apparatuur die was aangesloten op de lage-temperatuur aanzuigkop nog steeds in gebruik. Overige verdampers voor snelvriezen bleven werken en er werd nog steeds ammoniak naar de gebroken aanzuigleiding gevoerd. Dit veroorzaakte een pulserende uitstoot van ammoniak door de oplopende druk van de verdampers upstream van het defect. Als de medewerkers hadden besloten om de noodstopknop in de regelruimte te gebruiken, zouden zij de compressoren en pompen hebben uitgeschakeld en kleppen spanningsloos hebben gemaakt. Op deze wijze hadden ze de circulatie van ammoniak in de overige verdampers kunnen stoppen en de hoeveelheid ammoniak dat naar de defecte aanzuigleiding stroomde kunnen verminderen.

Leerpunten

Stroomonderbreking is weliswaar niet de directe oorzaak van dit incident, maar de gebeurtenis benadrukt het belang van procedures en opleiding bij herstel van stroomuitval, met name als operators en personeel dingen aanpassen in de procesregeling en alarmen. Het toont ook het belang van het testen van de voorbereiding en reactie op noodgevallen, waarbij een scenario van stroomuitval wordt gebruikt. Daarnaast benadrukt dit incident de vertraagde gevolgen van een stroomstoring als deze niet juist wordt aangepakt.

Het onderzoek naar dit incident heeft een aantal belangrijke leerpunten opgeleverd die specifiek zijn voor een ongeplande onderbreking van een koelsysteem met ammoniak. Andere typen installaties hebben andere procedures, maar de logica is hetzelfde. Er moeten geschikte belemmeringen aanwezig zijn om ervoor te zorgen dat een ongeplande onderbreking niet leidt tot het ongepland vrijkomen van gevaarlijke stoffen.

Zorg ervoor dat verschillende stromen van stoffen geïsoleerd en ingedamd kunnen blijven na een ongeplande stillegging. Ontdooiregelsystemen met vergrendelingen zouden zo moeten zijn geprogrammeerd dat de aanvoer van lage-temperatuur vloeistof en heet gas geïsoleerd blijft tijdens de inschakeling en beëindiging van de ontdooicyclus met heet gas in het geval van stroomuitval, onderbreking van de cyclus of een andere abnormale situatie. Daarnaast zou de ontdooiregeling zo moeten zijn geprogrammeerd dat na een stroomuitval of -onderbreking, de ontdooide wisselaars automatisch drukloos of ontvlucht worden bij de herstart, voordat de aanzuigafsluiter wordt geopend om de verdampers in de koelstand te zetten. Zo mogelijk moeten automatische processen altijd zo worden ontworpen dat breuken en vrijkomen van stoffen door onjuist gebruik of procedurele fouten wordt voorkomen.

Automatiseer beveiligingsprocedures voor het uitschakelen en opstarten zo veel mogelijk. Na de onbedoelde onderbreking hadden de operators van koelsystemen de noodzaak van handmatig ingrijpen in de ontdooicyclus kunnen vermijden door de invoering van een reeks van automatische programma's die bij de herstart in gang worden gezet, waarmee wisselaars of verdampers die voor de stroomuitval ontdooid werden, automatisch zouden zijn herkend en ontvlucht.

Gezien het feit dat het een programmeerbaar ontdooisysteem met heet gas was, hadden de afpomptijden lang genoeg gemaakt moeten worden om te zorgen voor voldoende verwijdering van vloeibaar koelmiddel in de verdamperspiralen voordat heet gas werd toegevoerd, met name na perioden met lage belasting of stroomuitval. Bovendien zou het handmatig onderbreken van de verdampers in ontdooimodus en van de regelsystemen van apparatuur door onbevoegd personeel niet zijn toegestaan. Een procedurele fout in het regelsysteem betekende dat toegang tot wijziging van regelsystemen niet beperkt was en dat handmatige omzeiling mogelijk was. Als de regelingen beveiligd zouden zijn geweest met wachtwoorden, dan hadden ze gebruikt kunnen worden om de toegang te beperken tot enkel bevoegd personeel dat is getraind om de koelvolgorde en afpomptijden te wijzigen.

Test en train voor scenario's met nooduitschakeling. Toen duidelijk werd dat het ammoniaklek niet goed kon worden geïsoleerd, had de noodstop moeten worden geactiveerd om pompen, compressoren en kleppen spanningsloos te maken, in plaats van pogingen te ondernemen om de lekkende apparatuur te isoleren terwijl het koelsysteem nog werkte. Het stilleggen

van de apparatuur zou de circulatie van ammoniak hebben gestopt en het vrijkomen van extra ammoniak uit defecte apparatuur en leidingen upstream hebben beperkt.

De ongevalsinformatie is afkomstig uit: *Safety Bulletin, Key Lessons for Preventing Hydraulic Shock in Industrial Refrigeration Systems, Anhydrous Ammonia Release at Millard Refrigerated Services, Inc., van de United States Chemical Safety and Hazard Investigation Board, januari 2015.*
<https://www.csb.gov/millard-refrigerated-services-ammonia-release/>

Ongeval 4 – Brand in een elektrische ruimte in een chemische fabriek en vrijkomen van giftig gas

Beschrijving van de gebeurtenissen

Een elektrische storing in een koelwaterpomp veroorzaakte een kortsluiting die invloed had op de hydrazinehydraat-unit van een chemische fabriek in Seveso. Door de storing brak er brand uit in het voedingsschakelpaneel C3, waarbij de elektrische infrastructuur in het onderverdeelstation werd beschadigd. Verbinding met de back-upvoeding kon niet tot stand worden gebracht omdat de noodstroomvoorziening (UPS) kort daarna was uitgevallen. Dit resulteerde in een volledige stroomuitval en in een uitval van het gedistribueerde regelsysteem (DCS). Omdat de koeling was uitgevallen, creëerde de exotherme reactie in de hydrazine-unit een overdruk. Daardoor kwam er via een klep en de gebarsten schijf van de ventilatiebehandelingsstoren van de unit een mengsel van ammoniak en stoom vrij in de atmosfeer.

Tijdens het incident kwam er circa 280 kg ammoniak vrij, waarvan een groot deel op de grond neersloeg door verstuiving door de bedrijfsbrandweer. De fabriek werd een week gesloten met bedrijfsverliezen van duizenden euro's, terwijl de kosten van herbouw van het elektrische onderverdeelstation € 430.000 bedroegen.

Belangrijke bevindingen

- Er werd stroom toegevoerd naar het onderverdeelstation (DCS en het koelpomp-circuit) via een transformator. Een zekering upstream van de elektrische storing had de storing kunnen isoleren en kunnen voorkomen dat het van de pomp naar de transformator zou schakelen, maar deze zekering zat vast. Zo veroorzaakte de transformator een homopolaire fout (kortsluiting). De zekering upstream van de transformator ging open en de stroom in het hele onderverdeelstation viel uit.
- De brand verspreidde zich via de elektrische kabels naar alle delen van het onderverdeelstation. De elektrische generator startte op, maar de overschakeling kon niet plaatsvinden omdat de aansluitkabels door de brand waren beschadigd.
- Rook en hitte van de brand verspreidde zich naar een ruimte in de buurt van het onderverdeelstation waar de onderbrekingsvrije stroomvoorziening (UPS) stond. Zodra de temperatuur 40 °C bereikte, schakelde de UPS naar de stand-bystand en werd de toevoer van stroom naar het DCS onderbroken.
- De elektrische generatoren voor het leveren van back-upvoeding startten wel op, maar de overschakeling van de stroom kon niet plaatsvinden omdat de elektrische kabels door de brand waren beschadigd.

Leerpunten

Elimineer elektrische storingen en hun gevolgen. Belastingafschakeling, minimalisatie van kabel lengten evenals technieken zoals IR-thermografie kunnen het risico op storing door verhitting en de daaropvolgende kortsluiting in elektrakasten verminderen. Onafhankelijke foutdetectiesystemen die zijn geïntegreerd op transformatoren, zoals het Buchholz-relais, kunnen ook helpen bij het isoleren van het distributienetwerk bij een elektrische storing. Elektrische storingen kunnen door subsystemen worden doorgegeven en in een unit of de hele fabriek stroomonderbrekingen veroorzaken als isolatieapparatuur zoals zekeringsautomaten niet uitschakelen bij behoefte of niet openen (FTO).

Zulke storingen kunnen plaatsvinden door een beschadigd uitschakelmechanisme, onjuiste uitschakeltiming of onjuiste zekeringkalibratie, gebaseerd op de foutstroom. Een robuust onderhoudsplan voor elektrische installaties, inclusief inspectie en testen van zekeringsautomaten kan het mogelijk optreden van zulke storingen aantonen en de betrouwbaarheid en beschikbaarheid van deze systemen vergroten.

Onafhankelijkheid van de voeding en scheiding van cruciale apparatuur. Het gedistribueerde regelsysteem (DCS) moet minimaal 30 minuten na de stroomstoring blijven werken, zodat de betreffende unit voldoende is beveiligd. Bewakings- en

regelapparatuur aangesloten op dat systeem zijn cruciaal voor de overschakeling van de unit naar een veilige status. Daarom zou er een tweede onafhankelijk elektriciteitsnetwerk beschikbaar moeten zijn om de voeding van het DCS over te nemen. Noodstroomvoorzieningen, zoals de UPS, moeten fysiek gescheiden zijn van elektrische onderverdeelstations en onafhankelijk van andere elektriciteitsnetwerken opereren. In het redundantieontwerp moet ook rekening worden gehouden met en bescherming worden geboden tegen algemene oorzaken van storingen, zoals een brand die de uitval van de primaire en de UPS-voeding of van de back-upvoeding kan veroorzaken. In dit ongeval was de brand een algemene storingsoorzaak voor zowel de stroomschakelaar als de UPS.

Cruciale voorzieningen zoals koeling, verwarming, stoom, water, lucht, stikstof of ventilatie zijn kwetsbaar voor storingen als de voeding uitvalt. In die zin zouden voorzieningen, zoals de koeling van reactoren die exotherme reacties uitvoeren, moeten worden gegarandeerd door de toepassing van redundantietechnieken die de betrouwbaarheid van de onderdelen optimaliseren.

Overschakelen tussen redundante voedingsbronnen. Het overschakelen van de voeding tussen onafhankelijke bronnen (hetzij redundante voeding, back-up of noodstroom) kan mislukken door uitval van apparatuur, elektrische branden, gevolgen van elektrische storingen maar ook door fouten in het ontwerp van de overschakellogica. Voorbeelden van zulke fouten zijn gevallen waar de overschakellogica niet was ontworpen om te worden gebruikt terwijl zowel de primaire als back-upvoeding ingeschakeld zijn, waardoor een stroomuitval in de hele fabriek ontstaat. Om ervoor te zorgen dat de overschakeling tussen verschillende bronnen beschikbaar is en goed werkt, moeten bij de risicobeoordeling alle mogelijke stroomverstoringen worden vastgesteld en een robuust inspectie- en testplan van de elektrische installaties worden vastgelegd.

Bron: ARIA N° 28416, <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr>

Ongeval 5 – Brand en affakkelen bij de stoomkraker van een petrochemische site

Beschrijving van de gebeurtenissen

De site ondervond een algemene stroomuitval, gevolgd door uitval van de back-upvoeding, met uitval van de stoomtoevoer naar de stoomkraker tot gevolg. In de nacht werd er zwarte rook waargenomen bij de fakkels van de stoomkraker, en na middernacht kwamen er vlammen uit een schoorsteen. Er vonden twee verschillende gebeurtenissen plaats: uitval van de stoomtoevoer op het hele platform en een brand in een verbrandingsketel van de stoomkraker. Het affakkelen werd uiteindelijk verminderd door een herstart van de productie-installaties en het opstarten van de secundaire boilers.

De operator zette het interne noodplan in gang, sneed de toevoer van koolwaterstoffen naar de ketel van de stoomkraker af, waardoor de intensiteit van de brand verminderde en deze de volgende ochtend onder controle was. Door de herstart van de boilers was het mogelijk het affakkelen te verminderen, maar er was tot de volgende dag nog steeds zwarte rook zichtbaar. Over een periode van twee dagen werd in totaal 1.440 t koolwaterstoffen afgefakkeld.

Belangrijke bevindingen

- De stroomuitval werd veroorzaakt door defecten in de verbindingsdozen tussen twee delen van dikke ondergrondse kabels.
- De uitval van de hoofd- en vervolgens de noodvoeding had uitval van de stoomtoevoer naar het platform tot gevolg, met name naar de stoomkraker en vervolgens naar het affakkelsysteem. Bij de stombelastingsafschakeling door de operator werd eerst de stoomtoevoer naar de affakkelschoorstenen afgesneden (nodig voor betere verbranding) en vervolgens de stoomtoevoer naar de

productie-units.

- De brand in de verbrandingsketel van de stoomkraker begon toen de leidingen waar de koolwaterstoffen circuleerden, braken en op de bodem van de ketel vielen. Het lijkt erop dat de koolwaterstoffen daarna vlam vatten. Door de uitval van stoom werd de verbrandingsketel plotseling uitgeschakeld, waardoor een thermische schok ontstond die de leidingen beschadigde.

Leerpunten

Zorg ervoor dat units veilig drukloos kunnen worden gemaakt. Bij een stroomstoring kan het nodig zijn om units drukloos te maken. Dit gebeurt normaliter door het verbranden van procesmedia met behulp van affakkelen. In veel gevallen heeft een stroomstoring echter gevolgen voor de stoomtoevoer, waardoor de verhouding stoom-afvalgas niet meer in balans is. Daardoor wordt het gewenste mengsel van afvalgassen en stoom niet gehaald, wat leidt tot onvolledige verbranding van giftige gassen met negatieve gevolgen voor mens en milieu. Het is belangrijk om overdruk en de daaropvolgende breuk van vaten of leidingen te voorkomen door de units drukloos te maken door middel van affakkelen. Het is echter om die reden ook cruciaal om een ononderbroken stoomtoevoer in stand te houden. Dit kan worden bereikt door het installeren van redundante stroombronnen die regelmatig worden geïnspecteerd en onderhouden om de ononderbroken stoomtoevoer te waarborgen. De productie moet worden afgesloten voordat de stoomtoevoer uitvalt. Er moet spoelopslag beschikbaar zijn voor mogelijk afval of overtollige productiestoffen om het drukloos maken van de unit mogelijk te maken.

Inspectie en onderhoud van elektrische subcomponenten.

Een verbindingsdoos is meestal een doos met een afneembaar deksel die gebruikt wordt voor het op elkaar aansluiten van meerdere sets draden. Draden worden samengevoegd door de uiteinden van de draden in elkaar te draaien en vervolgens met een passende lasdop of klem vast te zetten zodat ze niet loskomen. Ze moeten soms explosie- of brandwerend zijn en kunnen van metaal of kunststof zijn. Net als alle elektrische onderdelen moeten ze regelmatig worden gecontroleerd om ervoor te zorgen dat de bedrading vastzit en dat ze tegen water, extreem weer of vocht zijn beschermd.

Mechanische integriteit. De verbrandingsketel van de stoomkraker wordt normaliter voorzien van grondstoffen (koolwaterstoffen) en stoom, en de temperatuur van de ketel kan variëren tussen 500 °C en 1100 °C. De stoom is van grote waarde voor het kraakproces omdat het de druk van het hele proces en de partiële druk van de koolwaterstoffen tijdens de reactie bij het kraken verlaagt. De normale afsluitvolgorde van een ketel schrijft afkoeling tot een temperatuur van 200 °C met een daling van 50 °C per uur (een periode van circa 13 uur) voor. Dit moet worden geregeld door aanvullend te verwarmen. Als deze volgorde niet wordt aangehouden en er een plotselinge stillegging plaatsvindt, is het risico op een thermische schok in enig onderdeel (bijv. buizen, flenzen, vuurvaste bekleding) hoog. Het is belangrijk deze thermische schokken te vermijden door ervoor te zorgen dat alle procesapparatuur stabiel en stapsgewijs overgaat naar een veilige staat voor wat betreft de temperatuur. Hetzelfde geldt voor gevallen van mechanische of hydraulische schokken. Het is belangrijk om stabiele en niet-agressieve drukken en debieten in stand te houden bij zowel het opstarten als de overgang naar een veilige staat.

Bron: eMARS N° 1172, 22 juli 2018

Motto van het jaar

“Incidenten gebeuren niet door gebrek aan kennis, maar door geen gebruik te maken van de kennis die we hebben.”
T. Kletz (2009)

MAHBulletin

Contact

Voor meer informatie over de leerpunten van grote industriële ongevallen of als uw organisatie het MAHB Bulletin nog niet ontvangt en u uw organisatie op de verzendlijst wilt laten zetten, neem dan contact op met

MINERVA-Info@ec.europa.eu

Technology Innovation in Security Unit
European Commission Joint
Research Centre Directorate E
- Space, Security and Migration
Via E. Fermi, 2749
21027 Ispra (VA) Italië
<https://minerva.jrc.ec.europa.eu>

Vermeld uw naam en het e-mailadres van de contactpersoon bij uw organisatie voor wie het bulletin bestemd is.

Alle MAHB-publicaties zijn opgenomen in 'Publicaties' van de [Minerva Portal](#).



European
Commission

Voorbereiding op een stroomuitval ^{1,2}:

- Zijn de scenario's voor stroomstoring gesignaleerd en beoordeeld in de gevarenbeoordeling?
- Maakt een robuust inspectie- en testplan een integraal onderdeel uit van preventief onderhoud van de elektrische infrastructuur?
- Heeft de installatie een bijgewerkt bedrijfscontinuïteit- & calamiteitenherstelplan (BCDR) waarin alle cruciale systeemonderdelen zijn opgenomen? Is er strijdigheid tussen hulpverleningswerkzaamheden en de continuïteit van de stroomvoorziening?
- Is het BCDR-plan goed gecommuniceerd naar alle betrokken personeel inclusief het topmanagement en externe aannemers? Zijn er in het plan acties opgenomen voor zowel kortdurende als langdurige stroomuitval?
- Kunnen de installaties de druk ontlasten in geval van een procesverstoring of bij overgang naar een veilige staat bij een stroomstoring?
- Zijn alle wijzigingen in de elektrische infrastructuur en processen uitgevoerd in overeenstemming met het beleid voor Management of Change?
- Wordt de procesapparatuur regelmatig getest op kwetsbaarheden die stroomverstoringen en spanningsschommelingen kunnen veroorzaken? Zijn de cruciale onderdelen voldoende beschermd tegen over- en onderspanning?
- Zijn alle bedrijfszekere functies (waaronder onderling verbonden kleppen en pompen) beschikbaar en werkend bij een stroomstoring?
- Hebben de drukontlastingsregelingen de benodigde capaciteit bij een stroomstoring? Is er genoeg opslag voor doorspoelen?
- Zijn er specifieke standaard werkwijzen om met stroomuitval om te gaan?
- Zijn de rollen en verantwoordelijkheden vastgelegd en aan personeel toegewezen met betrekking tot de tijd voor, tijdens en na een stroomuitval?
- Zijn er geschikte communicatieprotocollen vastgelegd?
- Omvat de opleiding van het personeel bewustwording van scenario's van stroomstoring en van procedures voor een veilig herstel?
- Is er een stroomonderzoek uitgevoerd om de back-upbehoefte en de beschikbaarheid van cruciale voorzieningen te bepalen? Wordt dit regelmatig beoordeeld?
- Zijn er bij een stroomstoring vastgestelde noodprotocollen voor communicatie, intern en extern, richting de hulpdiensten en de overheid (d.w.z. het openbaar bestuur)? Worden deze regelmatig getest?
- Worden de respons- en herstelplannen voor een noodstop regelmatig getest?
- Is er een prioriteitenlijst voor stroomherstel vastgesteld? Zijn de apparatuur/voorzieningen/units die als eerste moeten opstarten aangegeven?
- Zijn de primaire en redundante stroombronnen onafhankelijk? Wordt de transitie/overschakeling regelmatig getest?
- Zijn er algemene storingen vastgesteld die uit stroomuitval kunnen voortvloeien? Zijn mogelijke storingen die van invloed kunnen zijn op de hulpverlening gesignaleerd en aangepakt?

Een calamiteitenplan kan de volgende, niet-limitatieve acties bevatten in het geval van een stroomstoring^{1,2}:

- Voer een grondige beoordeling uit van de fase vóór het opstarten. Zorg ervoor dat er geen processen zijn die door de stroomuitval zijn aangetast en dat alle units stabiel zijn vóór het opstarten.
- Controleer de juiste positionering van kleppen en de bruikbaarheid van onderling verbonden pompen conform het gewenste proces. Een pomp die een stroom doorlaat naar een gesloten klep, creëert overdruk.
- Beoordeel de werking van communicatieapparatuur en cruciale voorzieningen, zoals stikstoftoevoer, koelwater, stoom en affakkelen die in de gevarenanalyse van het proces zijn gesignaleerd.
- Controleer of alle redundante systemen voor stroomvoorziening naar de cruciale voorzieningen, evenals alle hulpverleningsapparatuur (bijv. brandbestrijdingssystemen, alarmen) werken zoals bedoeld
- Controleer of alle bewakings- of detectieapparaten werken en alle benodigde informatie leveren, zoals temperatuur of druk. Sommige apparaten kunnen een resetprocedure vereisen, zoals feedbacksensoren of controllers, om na een stroomstoring weer correct te werken.
- Zorg ervoor dat er downstream opslag beschikbaar is voor het geval dat procesmedia moeten worden 'gedumpt' of uit de circulatie moeten worden verwijderd om overdruk of blokkering (ontbinding of polymerisatie) te voorkomen. Zorg er ook voor dat het traject naar de opslag vrij is. Pompen en klepstanden mogen de procescirculatie naar vaten en opslaggebieden niet blokkeren.
- Pas belastingsafschakeling toe om het opstarten van cruciale voorzieningen en apparatuur voorrang te geven en de stroomvraag bij het opstarten te minimaliseren. Zorg ervoor dat mogelijke automatische opstartapparatuur handmatig uitgeschakeld moet blijven ter ondersteuning van de belastingsafschakeling.
- Licht alle gebruikers upstream of downstream in die mogelijk door het stilleggen van processen worden getroffen.

¹Incident Action Checklist – Power Outages, United States Environmental Protection Agency

²Chemical Accidents from Electric Power Outages, United States Environmental Protection Agency