

SECUNDAIRE SCHADE NA VLAMBOGEN IN WINDTURBINES

Na een vonk- of brandincident in een windturbine, is het absoluut noodzakelijk dat alle betrokken apparatuur en systemen naar behoren worden onderzocht en gereconditioneerd. Als u dit niet doet, kan dit leiden tot operationele problemen tijdens de resterende levensduur van de windturbine. In de energiesector bestaan er optimale werkmethoden voor het voorkomen en beperken van uitval, zodat incidenten met bedrijfskritieke apparatuur niet catastrofaal zijn. De windenergie-industrie groeit snel in Europa, en voor belanghebbenden kunnen de gevolgen van het onderkennen, verwaarlozen of onderschatten van de effecten van secundaire schade aan interne apparatuur rampzalig zijn, door productieverlies, onvoorziene uitvaltijd, meer vervanging van onderdelen en zelfs nieuwe, ernstigere incidenten.

Achtergrond

Het windvermogen in Europa bereikte tien jaar geleden 100 GW¹ en in 2022 was dit al 220 GW². De verwachting is dat de vraag naar duurzame energie de komende jaren flink zal toenemen. Storingen en uitval van windturbines zijn zeer kostbaar. Een uitgevallen windturbine kan een elektriciteitsproducent meer dan € 24.000,- per week kosten door het wegvallen van inkomsten uit de stroomafnameovereenkomst.

Door programma's voor continue verbetering zijn de uitvalpercentages jaar na jaar gedaald, maar met het toenemende aantal turbines dat in Europa wordt geïnstalleerd, zal het aantal en de ernst van incidenten onvermijdelijk toenemen.

Windenergie in Europa is de afgelopen tien jaar meer dan verdubbeld.

Vlambogen, die van oudsher zijn geassocieerd met traditionele stroomopwekkingsstoringen, vormen ook aanzienlijke risico's in de windenergie-industrie. Nadat er schade is opgetreden door vlambogen worden de gevolgen met betrekking tot de veiligheid, toegankelijkheid, betrouwbaarheid van apparatuur en apparatuurkosten die inherent zijn aan windturbines vaak onderschat. Het risico op vlambogen in een windturbine wordt vaak vergroot vanwege het compacte ontwerp van kritische elektrische componenten, zoals spanningsrails. Deze systemen presteren optimaal wanneer ze in vlamboogvrije assemblages worden geïnstalleerd. Kleine windturbine-gondels bieden echter niet de ruimte die nodig is voor dit type opstelling. Bovendien bevinden windturbines zich vaak in barre omgevingen en worden ze voortdurend blootgesteld aan extreme hitte en kou, vochtigheid en bliksem, maar ook stof, zeewaternevel en andere verontreinigingen.

Een windturbine die buiten dienst is, kan een producent meer dan € 24.000,- per week kosten.

¹"History of Europe's Wind Industry." Wind Europe, 2017, <https://windeurope.org/about-wind/history/>. Geraadpleegd op 16 May 2022.

²"Wind Energy Today." Wind Europe, 2021, <https://windeurope.org/about-wind/history/>. Geraadpleegd op 16 May 2022.

Deze elementen dragen bij tot ernstige secundaire schade na elektrische incidenten. Deze whitepaper biedt een overzicht van de meest voorkomende soorten verontreinigingen die tot vlamboog incidenten kunnen leiden die een negatieve invloed kunnen hebben op windturbines, en bespreekt daarnaast technische optimale werkmethoden voor het maximaliseren van de veiligheid, betrouwbaarheid en kapitaalinvesteringen na secundaire schade.

Vlambogen worden gedefinieerd als het licht en de warmte die geproduceerd worden als onderdeel van een elektrische vonkbrug, een type elektrische ontlading als gevolg van een verbinding met lage impedantie door de lucht naar de aarde of een andere spanningsfase in een elektrisch systeem. Vlamboog-temperaturen kunnen oplopen tot meer dan 20.000° C; u kunt zich vast inbeelden hoe groot de impact kan zijn wanneer een dusdanig grote hoeveelheid warmte-energie vrijkomt in een windturbine.

Er wordt veel moeite gedaan om de elektrische veiligheid te waarborgen van windturbine-operators die in motorgondels werken, want wanneer een vlamboog optreedt, is er een zeer hoog risico dat personen in de omgeving ernstig of dodelijk gewond kunnen raken. In een windturbine zijn echter ook de risico's en gevolgschade aan apparatuur groter. Branden als gevolg van vlambogen veroorzaken directe schade en secundaire schade aan de windturbine. Directe schade, zoals doorgebrande apparatuur en gesmolten materiaal, is gemakkelijk te identificeren als niet meer bruikbaar en zal in een later reparatieproces worden vervangen.

Secundaire schade, of verontreiniging, is wijdverspreide schade in de windturbine die wordt veroorzaakt door vrijgekomen chemische stoffen nadat vlambogen brand of explosies hebben veroorzaakt. Verontreinigende stoffen worden meestal door de warme rook verspreid in installaties en apparatuur. De combinatie van het schoorsteeneffect en de hogere druk in de verwarmde lucht duwt de verontreinigende stoffen in gesloten apparatuur zoals schakelkasten en elektrische componenten. De warme en vochtige lucht condenseert op de koude oppervlakken en droogt vervolgens, waarna residu's achterblijft. Met uitzondering van de zichtbare effecten van verontreiniging, is getroffen apparatuur doorgaans onzichtbaar geïnfecteerd met schadelijke stoffen onmiddellijk na een incident met een vlamboog.

Meest Voorkomende Verontreinigende Stoffen Na Vlambogen in Windturbines

Na een doorsneebrand komen meer dan duizend unieke rookgassen en bijproducten vrij, afhankelijk van welke materialen zijn verbrand en bij welke temperatuur. Het is niet mogelijk om ze allemaal in dit artikel te beschrijven, maar de meest voorkomende en belangrijkste worden hieronder vermeld.

Zoutzuur (HCl)

Wanneer PVC (Poly Vinyl Chloride) verbrand wordt, komen chloride-ionen vrij. PVC wordt veel gebruikt in kabelisolatie, elektrische kasten en bouwmaterialen. In combinatie met waterstof in de lucht wordt zoutzuur (HCl) gevormd. HCl is een zeer sterk corrosief middel voor bijna elk type metaal en is de meest voorkomende oorzaak van corrosie na brand.

Voor elke kilo PVC die wordt verbrand, komt één liter (.26 gal) HCl vrij, wat overeenkomt met bijna 100 liter (26,4 gal) HCl-gas. Het corrosieproces op metalen oppervlakken begint onmiddellijk aan na condensatie op het koelere metalen oppervlak.

Het eerste teken is een dunne, lichtbruine roestlaag op ijzer. De chemische samenstelling van de bruine roest is ijzerchloride (FeCl) en heeft een vergelijkbaar hygroscopisch effect als traditioneel tafelsout (NaCl). Dit betekent dat het vocht aantrekt op het oppervlak. Vocht is een corrosieversneller en dit proces zal doorgaan zolang er metaal en vocht aanwezig zijn.

Na een brand kunnen zelfs kleine concentraties HCl tot corrosie leiden.



Roet in hoogspanningsinstallaties kan vlambogen veroorzaken omdat het roet geleidend is.

Een zichtbare indicatie van aantasting van koper door zoutzuur is een zwartachtige of zelfs groenblauwe kleurverandering. Voor aluminium en tin (inclusief tinlegeringen zoals soldeer) wordt het oppervlak meestal grijs.

Na een brand is het verstandig om op de hoogte te zijn van de langetermijneffecten van chemische verontreiniging, aangezien zelfs kleine concentraties HCl op termijn tot corrosie kunnen leiden.

Gelukkig kan dit type verontreiniging eenvoudig worden gemeten en kunnen de risico's worden beperkt door getrainde professionals. Situaties waarin hoge verontreinigingsniveaus worden gemeten, vereisen snel ingrijpen omdat het corrosieproces snel en continu is.

Zwavelzuur

Bij de verbranding van materialen als rubber, smeermiddelen en batterijen komt zwavel vrij. Terwijl de zwavel in wisselwerking staat met vochtige lucht en zich op koelere oppervlakken neerslaat, verandert het in zwavelzuur.

Zwavelzuur leidt ook tot corrosie van metalen in de windturbine-apparatuur, waarbij de effecten vergelijkbaar zijn met die van zoutzuur.

Wanneer een inspectie van aantasting door zwavelzuur wordt uitgevoerd, moet men er zich van bewust zijn dat het een langzamer corrosieproces is dan bij zoutzuur. Er kunnen vaak enkele dagen voorbij gaan vooraleer de eerste tekenen van aantasting zichtbaar zijn. Op ijzer presenteert corrosie door zoutzuur zich eerder als een kleurverandering dan als zwavelzuur.

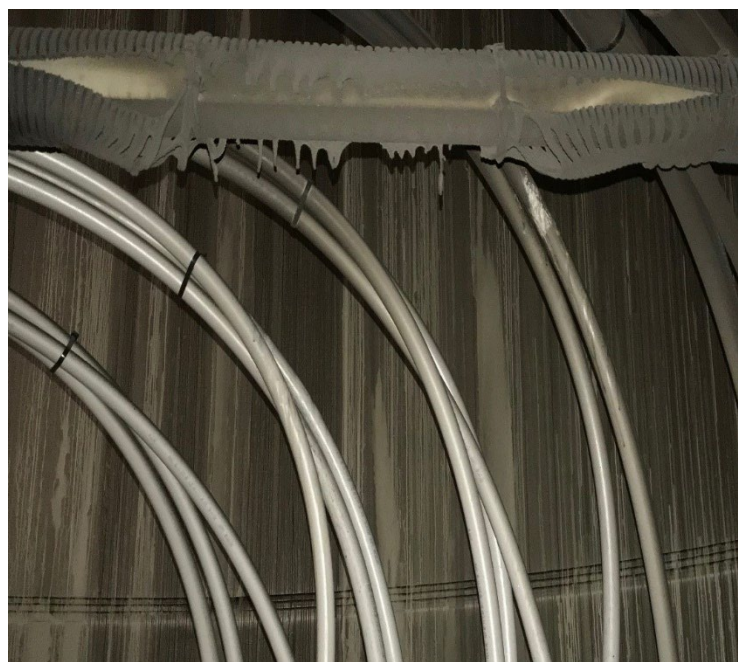
De aanwezigheid van zwavelzuur kan worden vastgesteld door het analyseren van monsters in een laboratorium. Het verwijderingsproces is gelijkwaardig aan dat van verontreiniging met zoutzuur.

Koolstofverontreiniging

Koolstof is een bijproduct van elke verbranding. Roet en as, beide met een hoog koolstofgehalte, kunnen gemakkelijk worden geïdentificeerd als zijnde donkergrijs stof en kleverig, zwart roet.

Nylon is een veelgebruikt materiaal in windturbines en is aanwezig in componenten zoals kabelbinders en bevestigingsmiddelen. De verbranding van nylon zal CO² en H²O vormen, met daarnaast relatief zwakke, organische, zure producten. Van nylon is bekend dat bij verbranding grote hoeveelheden geleidend roet en corrosieve nitraten vrijkomen.

Roet en as kunnen grote problemen veroorzaken in getroffen elektrische apparatuur, omdat beide zeer geleidend zijn. Als het niet op de juiste manier wordt verwijderd, neemt het risico op kortsluiting en vlambogen aanzienlijk toe, waardoor koolstofverontreiniging moet worden gezien als zowel een veiligheidsprobleem als een technisch probleem.



Het gesmolten PVC, bovenaan de foto hierboven, is een duidelijke waarschuwing. PVC geeft bij het verbrandingsproces grote hoeveelheden zoutzuur af en tast metalen oppervlakken aan.

Roet en as zijn beide zeer geleidend en kunnen, als ze niet op de juiste manier worden verwijderd, het risico op kortsluiting en vlambogen verhogen.



Een boogflits is een krachtige energieafgifte. Zelfs metalen kunnen bij hoge temperaturen smelten en verdampen.

Koper

Vlambogen die langere tijd aanhouden kunnen een ander ernstig probleem vormen voor windturbines. Door de hoge temperaturen zullen metalen gaan smelten en verdampen.

Vaak is er een grote hoeveelheid koper aanwezig in de schakelapparatuur, transformatoren en bekabeling in de buurt van de vlamboog. Wanneer koper verdampt, zal het metalliseren of zich hechten aan de wanden en apparatuur. Gemetalliseerd koper brengt aanzienlijke risico's met zich mee omdat het zeer geleidend is en nieuwe, vaak ernstige fouten kan veroorzaken. Het is niet mogelijk om verontreinigde koperen onderdelen te reinigen, maar ze kunnen wel met verf worden geïsoleerd. Het is belangrijk op te merken dat een vlamboog in de buurt van de toren of de wand van de gondel de sterkte van het metalen oppervlak kan beïnvloeden. Alle getroffen gebieden moeten worden geïnspecteerd op schroeiplekken en, indien aanwezig, moet een metallurgische analyse worden uitgevoerd.

Behandeling van Verontreiniging in Turbines: Reviseren versus Reiniging

Waarom is secundaire schade zo'n risico en wat kunt u doen? Zoals u kunt zien, kan chemische verontreiniging van windturbines ernstige gevolgen hebben als schade niet snel en grondig wordt behandeld.

Na dit soort incidenten ligt de focus op het reinigen van de wanden van de toren en oppervlakken in de gondel. Schoonmaken is goed als onderhoud, maar dit proces zal de reële dreiging niet aanpakken, namelijk verontreiniging van interne technische apparatuur. Om toegang te krijgen tot de kritieke oppervlakken, moeten bekwame technici de apparatuur demonteren en geschikte chemicaliën gebruiken om verontreinigingen te verwijderen.

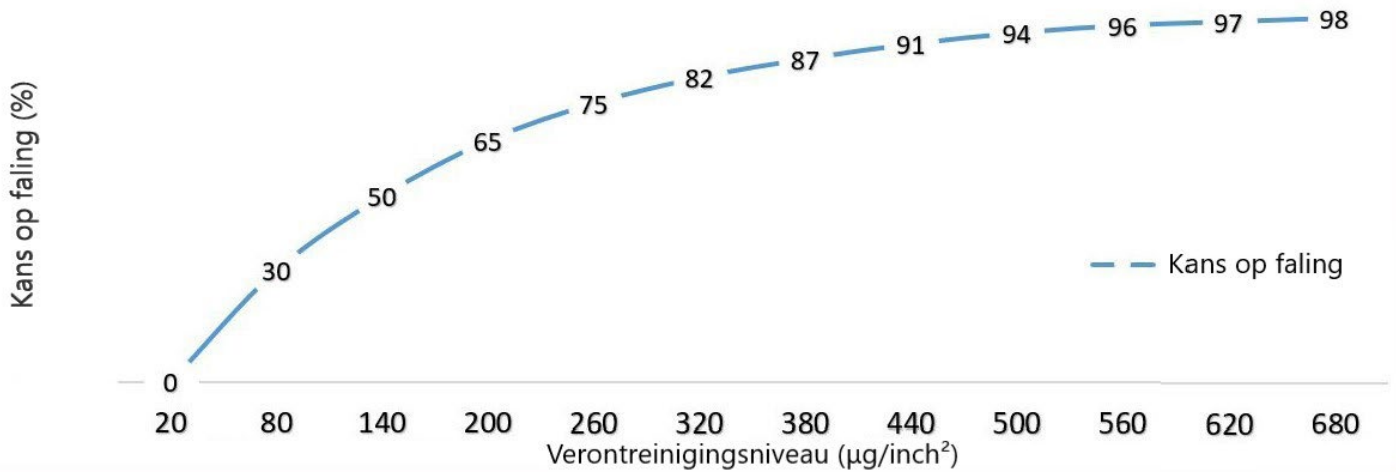
Een goede decontaminatie begint met het vaststellen van de concentraties van alle corrosieve verontreinigende stoffen. Zoals u zojuist hebt gelezen, zijn er met betrekking tot verontreiniging veel scenario's mogelijk die van invloed kunnen zijn op windturbine-apparatuur. Er moeten maatregelen worden genomen om de voortgang van corrosie te verminderen en om de juiste decontaminatieoplossing in te zetten.

Vaak zal secundaire schade veroorzaakt door vlambogen of andere elektrische incidenten zowel decontaminatie van de apparatuur als vervanging van componenten vereisen. Tijd is van essentieel belang om ervoor te zorgen dat alle inspanningen optimaal worden benut. Het is belangrijk om het exacte mechanisme van het corrosieproces te kennen en de omgevingscondities te kennen, zoals temperatuur en vochtigheid, die corrosie kunnen versnellen. Voor zowel onshore als offshore windturbines fluctueren deze omstandigheden enorm. Uiteindelijk zullen er binnen enkele weken, maanden of jaren storingen optreden door gecorrodeerde apparatuur indien de apparatuur niet goed wordt gereconditioneerd.

Aan de andere kant, als de decontaminatie van apparatuur snel en correct wordt uitgevoerd, kan dit de uitvaltijd en de kosten die gepaard gaan met het inkopen van vervangende componenten aanzienlijk verminderen. Veel onderzoeken, zoals onderstaande Hughes-diagrammen, laten een verband zien tussen blootstelling aan corrosieve rook en het uitvalpercentage van elektronica.

Een vlamboog in de buurt van de toren of de wand van de gondel kan de sterkte van het metalen oppervlak beïnvloeden. De getroffen gebieden met schroeiplekken moeten een metallurgische inspectie ondergaan.

Kans op Apparatuurfaling na Blootstelling aan Rook



Het is niet ongebruikelijk dat belanghebbenden vervanging van apparatuur na secundaire schade steunen. Veiligheid, betrouwbaarheid en bedrijfscontinuïteit behoren tot de topprioriteiten na een incident en om die reden moet worden overwogen om ervaren specialisten voor apparatuur in dienst te nemen die ervaring hebben met windturbines.

Deze specialisten zijn experts in het omgaan en zeer ervaren met de verschillende vormen van gevolg schade of verontreiniging die van invloed zijn op bedrijfskritische apparatuur en systemen. Ze kunnen aanbevelingen doen voor een goede reiniging en herstel en zijn opgeleid om herstel van windturbines ter plaatse uit te voeren.

De komende jaren zal het vermogen aan windenergie in Noord-Amerika verder toenemen. Naarmate de markt groeit, zal het volume en de ernst van apparatuurstoringsen toenemen. Daarom is het van belang dat alle belanghebbenden bij windturbines een bedrijfscontinuïteitsplan (BCP) te hebben zodat als een incident zich voordoet de impact hiervan op de continuïteit zo gering mogelijk is.

Bron: Hughes Associates, "DOE Fire Protection Handbook Volume II, Fire Effects and Electrical and Electronic Equipment," US Department of Commerce, 1996, pp. 41, 43.