

*Frisse wind door stoffige Philipscampus
Goedkope gsm-lensjes uit wafel gesneden*

nummer 17
jaargang 121
30 oktober 2009
€ 7,50

De Ingenieur

Officieel orgaan van KIVI NIRIA

TECHNOLOGIETIJDSCRIFT



**SPECIAL
HIGHTECH
INDUSTRIE**

RENDEMENT GASCENTRALES MET PROCENTPUNTEN OM

Verbitte turbijnestrijd

IN NEDERLAND SCHIETEN DE GASGESTOOKTE ELEKTRICITEITSCENTRALES DE KOMENDE JAREN ALS PADDENSTOELEN UIT DE GROND. DE NIEUWE CENTRALES PROFITEREN VAN DE VOORUITGANG DIE TURBINEFABRIKANTEN SINDS DE BOUW VAN DE VORIGE GENERATIE HEBBEN GEBOEKT. SIEMENS EN ALSTOM HALEN ALLES UIT DE KAST OM RENDEMENTEN ROND 60 % TE BEREIKEN. EEN RENDEMENTSVERBETERING VAN EEN TIENDE PROCENTPUNT GELDT ALS EEN GROOT SUCCES.

ALS ALLE PLANNEN DOORGAAN, gaan er de komende vijf jaar in Nederland maar liefst tien nieuwe elektriciteitscentrales in bedrijf, waarvan vier gestookt met kolen en zes met aardgas. Van drie van die laatste is inmiddels bekend wie er de belangrijkste apparatuur – gasturbine, generator en stoomturbine – gaat leveren. In het Rotterdamse Europortgebied bouwt Siemens in opdracht van

'De SGT5-8000H is ook ontworpen om zo vlot mogelijk te starten'

Enecogen een gascentrale van 870 MW met een rendement van 59 % – volgens Siemens de schoonste commerciële centrale van Europa. Bij Lelystad gaat Alstom voor Electrabel een zeer vergelijkbare fabriek neerzetten: de Flevocentrale, ook van 870 MW en met een rendement van 59 %. Verder renoveert Alstom een deel van de Clauscentrale in Maasbracht. De vernieuwde eenheid (alleen de

behuizing van de oude stoomturbine blijft staan) krijgt een vermogen van 1280 MW bij een rendement van 58,8 %.

Onder fabrikanten van turbines geldt een rendementsverbetering van een tiende procentpunt als een groot succes. Zo'n – zwaarbevochten – verbetering kan betekenen dat er opdrachten worden binnengehaald die anders naar de concurrentie waren gegaan. Een gevolg van de intensieve jacht op het hoogste rendement is dat de fabrikanten elkaar maar heel weinig toegeven, zoals de drie nieuwe centrales illustreren.

STOOM

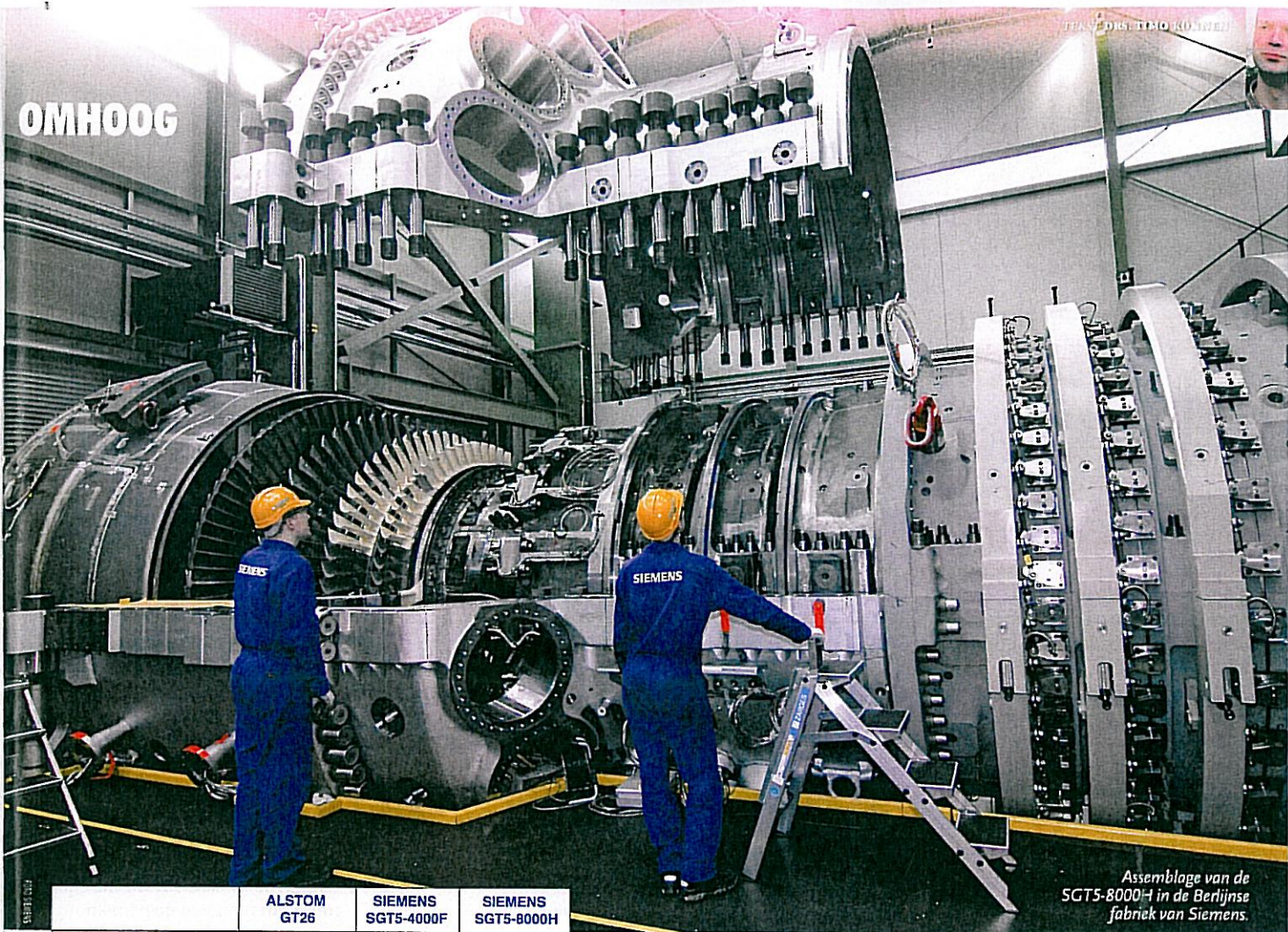
Het grote voordeel van gas is dat het binnen een turbine valt te verbranden. De hete restgassen worden dan met geweld door de draaiende turbine geperst, die een generator aandrijft. Veel winst is daarbij te halen door de verbrandingswarmte ook te gebruiken om water te laten koken en vervolgens een stoomturbine aan te drijven. In moderne centrales

zit die op dezelfde as als de gasturbine en de generator. Deze STeG-techniek (Stoom en Gas) maakt het rendement anderhalf keer zo groot: 58 % en meer voor de beste huidige gascentrales. Ze verslaan daarmee ruimschoots de kolencentrales, die hun kolen 'gewoon' in een ketel verbranden en alleen een stoomturbine hebben. Dat er niettemin ook weer nieuwe kolencentrales gepland staan, is vooral omdat kolen goedkoper zijn dan gas.

Om tot hogere rendementen te komen brengen de fabrikanten voortdurend kleine verbeteringen aan, bijvoorbeeld in de vorm van de turbineschoepen, zodat die nog wat meer kracht kunnen overbrengen, en in de metalen waarvan de schoepen zijn gemaakt, zodat de gastemperatuur weer wat omhoog kan. De resultaten – het gaat om tienden procentpunten – lijken minimaal, maar tikken op grote getallen toch aan: als een middelgrote centrale van 870 MW stroom levert voor zo'n 900 000 huishoudens, is een duizendste daarvan altijd nog 900 huishoudens.



Rotor van de generator die aan een GT26-turbine kan worden gekoppeld, in de Alstom-fabriek in het Zwitserse Birr.



Assemblage van de SGT5-8000H in de Berlijnse fabriek van Siemens.

	ALSTOM GT26	SIEMENS SGT5-4000F	SIEMENS SGT5-8000H
vermogen (MW)	288,3	292	375
rendement (%)	38,1	39,8	> 40
vermogen STeG (MW)	858 ¹	848 ¹	> 570 ²
rendement STeG (%)	59,0	58,5	> 60
afmetingen l x b x h (m)	12,6 x 5,1 x 5,7	13 x 6 x 8	13,2 x 5,9 x 5
massa (t)	370	308	440
turbinesnelheid (rpm)	3000	3000	3000
compressieverhouding	33,9:1	18,2:1	19,2:1
uitstroom gas (kg/s)	650	688	820
gastemperatuur (°C)	616	580	625
NO _x -uitstoot (ppm)	<< 25	<< 25	<< 25

¹ twee gasturbines en een stoomgenerator
² een gasturbine en een stoomgenerator

De belangrijkste eigenschappen van de gasturbines van Alstom en Siemens. De GT26 komt in de Flevo-centrale van Electrabel, de SGT5-4000F in de centrale van Enecogen in het Euro-poortgebied.

installeerd) en blies hem op tot recordformaat – hij is net iets groter dan de efficiëntste turbine van General Electric.

Het 13 m lange en 5 m hoge gevaarte, met het gewicht van een A380, is getest in het Zuid-Duitse dorpje Irsching. De SGT5-8000H was daarbij overdekt met vierkante grijze lappen van isolerende stof. 'Die zaten met klittenband aan elkaar om ze gemakkelijk te kunnen verwijderen', legt Siemens-medewerker ing. Willibald Fischer uit. Dat is nodig vanwege de talloze sensoren, 2838 stuks, die op het apparaat zijn aangebracht – overal lopen dunne draden. Die registreren het gedrag van de 440 ton wegende turbine wanneer de as drieduizend omwentelingen per minuut maakt en een vermogen van 375 MW levert. Daarbij zuigt hij per

seconde 600 m³ lucht naar binnen, het volume van een flink woonhuis.

In feite is het een logische gedachtegang: moet het rendement hoger, bouw dan een grotere gasturbine. Alle warmte-, transport- en wrijvingsverliezen vinden immers plaats aan de binnen- en buitenoppervlakken van het apparaat. Die oppervlakken groeien kwadratisch als de turbine groter wordt. Maar het volume, en dus de energie-inhoud, neemt toe met de derde macht. De verhouding tussen de geleverde energie en de verliezen wordt dus steeds gunstiger. Daar staat tegenover dat een groter apparaat altijd-ingewikkelder is, omdat de processen moeilijker zijn te beheersen.

Fischer: 'Het ontwikkeltraject van de SGT5-8000H heeft negen jaar geduurd. Veel van die tijd was nodig omdat de turbineschoepen zich goed moeten kunnen houden onder omstandigheden die tot dusver niet voorkwamen.' De hoeveelheid gas en lucht die door de turbine stroomt, is groter dan bij voorgangers en de temperaturen zijn hoger. 'Binnen de turbine bereikt het gas temperaturen tussen 1200 en 1500 °C', zegt Fischer. 'De schoepen mogen echter niet warmer worden dan 950 °C. Dan zijn ze letterlijk roodgloeiend. Worden ze nog

Het Duitse Siemens, de nummer twee van de wereld in geleverde turbines, heeft onlangs een grotere sprong van 1 % weten te maken en de magische rendementsgrens van 60 % doorbroken. Daarmee evenaart Siemens het wereldrecord, dat sinds 2003 op naam staat van General Electric, de Amerikaanse marktleider. Siemens nam een bestaande gasturbine (het type dat ook in de Euro-poort wordt ge-

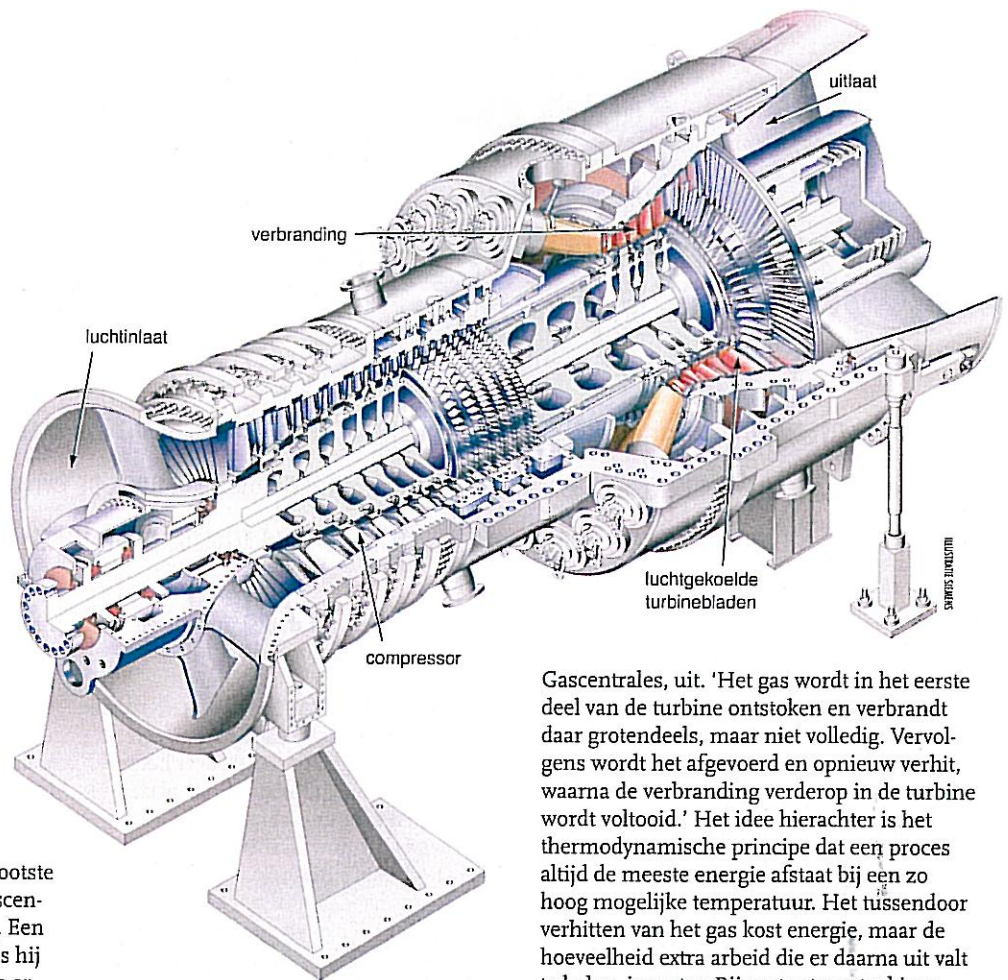
heter, dan gaan ze oxideren.' De thermische coating die turbineschoepen gewoonlijk hebben, heeft Siemens daarom weer een tikje verbeterd. Daarnaast worden de – holle – schoepen van binnen met lucht gekoeld. De voorste schoepen, die de hoogste temperaturen te verduren krijgen, hebben bovendien kleine gaatjes waardoor de koelende lucht naar buiten stroomt. De lucht vormt zo om elke schoep een dunne beschermende laag.

Het uitstromende gas, dat de hitte voor de stoomproductie moet leveren, is als resultaat van deze aanpassingen 40 °C hoger dan van zijn voorganger, de SGT5-4000F, het type waarvan er in de Europort twee komen te staan.

Voor energiemaatschappijen is het grootste voordeel van gas boven kolen dat een gascentrale snel is op te starten en af te regelen. Een kolencentrale functioneert alleen goed als hij op volle kracht draait, want anders treden er problemen op met de verbranding. Fischer: 'Een leverancier schiet er zo'n 180 000 euro bij in voor elke minuut dat zijn centrale de gevraagde hoeveelheid stroom nog niet kan leveren. De SGT5-8000H is dus ook ontworpen om zo vlot mogelijk te starten.' De gasturbine kan binnen een minuut of acht op volle kracht draaien, maar een complete STeG-eenheid zal er altijd nog ruim veertig minuten over doen. Dat is de 'schuld' van de stoomkringloop, want het water heeft wel tijd nodig om op temperatuur te komen.

Het starten van de gasturbine lijkt op het op gang brengen van een automotor. 'Eerst gebruiken we de generator als startmotor', vertelt Fischer. 'Dan is gezoem te horen. Bij vierhonderd toeren per minuut schakelen we de toevoer van gas en lucht naar de turbine in, waardoor die kan gaan werken.' Als er tevens een stoomturbine is geïnstalleerd, warmt ook het water op en begint de vorming van stoom. De stoomturbine, nog losgekoppeld van de hoofdas, komt in beweging. Als hij even snel draait als de gasturbine, zet een automatisch werkende koppeling de twee asgedeelten aan elkaar vast.

Een ingenieus hydraulisch systeem houdt de ruimte tussen de rotor en de behuizing minimaal, ondanks alle temperatuurswisselingen. Beide hebben de vorm van in elkaar passende



kegels. Door de rotor horizontaal te verschuiven kan hij steeds optimaal in de behuizing worden gepast. Fischer: 'Bij een koude start zorgen we voor vrij veel ruimte tussen rotor en behuizing. De rotor, die snel heet wordt en uitzet, kan die ruimte dan opvullen. Na vijf à zes uur zet ook de behuizing merkbaar uit, waardoor de tussenruimte weer groeit. Dan schuiven we de rotor een eindje naar voren.' Siemens, de enige fabrikant die deze Hydraulic Clearance Optimization toepast, heeft exact uitgerekend hoeveel extra rendement de techniek oplevert: 0,2 procentpunt.

DEELCAPACITEIT

Het is allemaal sleutelen aan het maximale rendement, terwijl in de praktijk gascentrales het grootste deel van de tijd op slechts een deel van hun capaciteit draaien. Het rendement is dan lager, vooral omdat de gas- en stoomtemperatuur dalen. Bovendien komt er door onvolledige verbranding meer schadelijke uitstoot (met name NO_x) vrij.

Op de afnemende prestaties bij deelcapaciteit heeft de tweede turbinebouwer van Europa, het Frans-Zwitserse Alstom, zijn kaarten gezet. Als enige gebruikt de fabrikant een techniek die sequentiële verbranding heet. 'De GT26-turbine is als het ware dubbel uitgevoerd', legt Mark Stevens, productmanager

Gascentrales, uit. 'Het gas wordt in het eerste deel van de turbine ontstoken en verbrandt daar grotendeels, maar niet volledig. Vervolgens wordt het afgevoerd en opnieuw verhit, waarna de verbranding verderop in de turbine wordt voltooid.' Het idee hierachter is het thermodynamische principe dat een proces altijd de meeste energie afstaat bij een zo hoog mogelijke temperatuur. Het tussendoor verhitten van het gas kost energie, maar de hoeveelheid extra arbeid die er daarna uit valt te halen, is groter. Bij grote stoomturbines was het allang gebruikelijk om de turbine in tweeën te splitsen en de stoom tussentijds opnieuw te verhitten; dat scheelt verscheidene procentpunten in het rendement. In een gasturbine is hetzelfde moeilijker om te doen: het verbrandingsproces moet op een beheersbare manier in twee stadia worden gesplitst. In rendement, althans bij vol vermogen, levert al die moeite 'slechts' een paar tienden van procentpunten op.

Maar het is Alstom misschien wel meer om iets anders te doen. 'Sequentiële verbranding gaat het teruglopen van het rendement bij onvolledige belasting tegen', zegt Stevens. 'Het rendement van de GT26, 59 % bij volle belasting, is altijd nog 55,5 % bij 60 % belasting, en 51,5 % bij een belasting van 40 %.' De vorming van NO_x neemt daarbij bijna niet toe. Bij lage belasting is het bovendien mogelijk een verbrandingskamer af te sluiten, zodat de verbranding volledig in de overblijvende kamer gebeurt. Ook dat verbetert de verbranding en gaat het zakken van het rendement tegen. Omdat de kamers in grootte verschillen, kan de operator er een kiezen die bij de gewenste belasting past. In de Flevo- en Clauscentrale zullen ze daar straks hun voordeel mee kunnen doen. ●

www.powergeneration.siemens.com
www.power.alstom.com