

Teillastverhalten von kombinierten Gas- und Dampfturbinenanlagen

(1998-2000)

Kooperationspartner: **Alstom Gas Turbines GmbH, Essen**

Finanzierung: **AGIP**

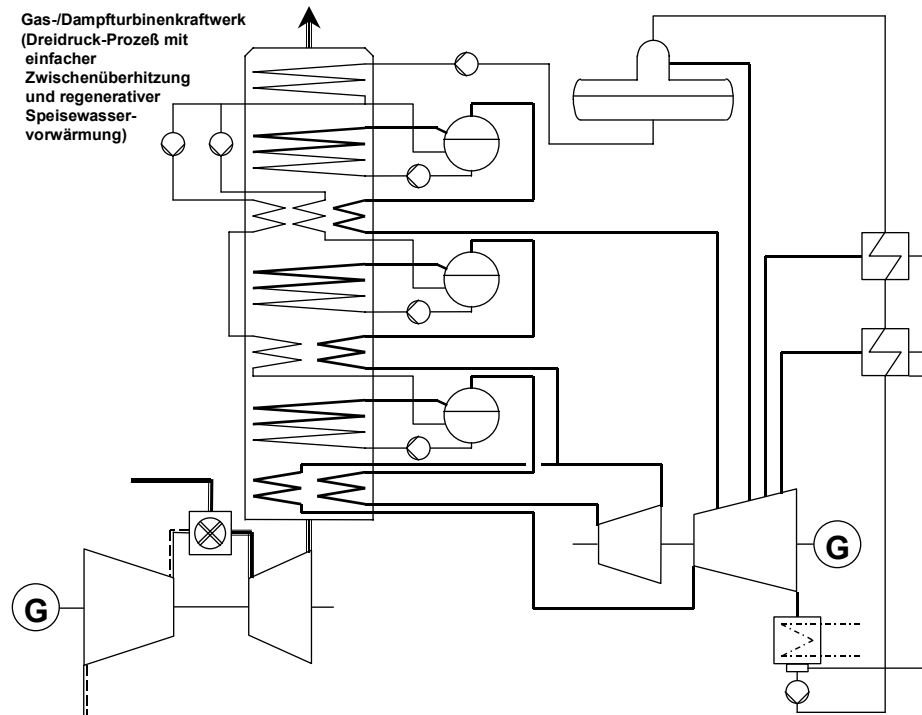


Bild: Gas-/Dampfturbinenkraftwerk (3-Druck-Prozess mit einfacher Zwischenüberhitzung und regenerativer Speisewasservorwärmung)

Die zunehmende Erzeugung von Strom aus regenerativen Energiequellen (insbesondere Windkraft), der für die Energieversorgungsunternehmen meistens völlig ungeplant und wenig vorhersehbar in das Verbundnetz eingespeist wird, zwingt diese, auch die Leistungsabgabe von kombinierten Gas-/Dampfturbinenkraftwerken, die aufgrund ihres hohen Wirkungsgrades und ihrer sauberen Abgase hauptsächlich in der Grundlast eingesetzt werden, an das aktuelle, rasch wechselnde Verhältnis von Angebot und Nachfrage auf dem Strommarkt anzupassen. Da sich mit dem Übergang vom Volllastbetrieb zum Teillastbetrieb bei einer Kombianlage nicht nur die Stromproduktion verringert, sondern auch der Wirkungsgrad ändert, ist es für den Betreiber einer solchen Anlage von existentiellem Interesse zu erfahren, bis zu welcher Lastabsenkung der Betrieb der Anlage für ihn unter den Gesichtspunkten Wirtschaftlichkeit und Umweltschutz noch zu vertreten ist.

In diesem Forschungsvorhaben wurde in Kooperation mit einem Hersteller von Industrie- und Kraftwerksgasturbinen ein Rechenverfahren entwickelt und programmiert, mit dem sich das Verhalten einer Kombianlage bei Teillast vorhersagen lässt. Dabei wurde für jede Komponente des Kreisprozesses ein Rechenmodell erstellt, das deren Verhalten bei abweichenden Betriebsbedingungen beschreibt. Es muss daher nicht mehr, wie es bisher bei entsprechenden Problemstellungen üblich war, auf Daten aus Komponenten-Kennfeldern oder auf Schätzwerte zurückgegriffen werden. Das im Rahmen dieses Projektes erstellte Programm „Kombi“ liefert insbesondere Daten über den Kreisprozess, die zum einen den Hersteller bzw. Lieferanten einer Kombianlage unterstützen, Garantiezusagen für Lastfälle

außerhalb des Auslegungspunktes machen zu können, und zum anderen dem Betreiber eine Grundlage für seine Wirtschaftlichkeitsberechnungen und die Einhaltung von Umweltschutzauflagen bieten.

Ausgehend von einem vorhandenen Programm zur Berechnung von Kreisprozessen kombinierter Gas-/Dampfturbinenanlagen wurde zunächst der Abhitzedampferzeuger durch die Einführung mehrerer Verdampfungsstufen noch besser an die Abgastemperaturen gängiger Gasturbinen angepasst. Die Dampfturbine wurde in mehrere Teilturbinen aufgeteilt, die mit separaten Vorgaben berechnet werden, und in den Nassdampfstufen wurde ein Nässeverlust vorgesehen. Damit kann der Expansionsverlauf in der Dampfturbine noch realistischer modelliert werden.

Bei der Gasturbine wurden Eintrittsgehäuse, Brennkammer und Austrittsgehäuse mit Abhitzekessel mit lastabhängigen Druckverlusten versehen. Die Berechnung der Verdichter- und Turbinendurchströmung wurde auf Nachrechnungsprogramme umgestellt, die mit den Geometriedaten der Beschaufelungen, den strömungsmechanischen und thermodynamischen Stoffgrößen der Arbeitsgase sowie allgemeinen Daten arbeiten. Sie liefern für jeden beliebigen Betriebszustand die Zustandsgrößen in allen Verdichter- und Turbinenstufen. Damit ist „Kombi“ das einzige Programm, das die Berechnung des Gasturbinenprozesses mit einer Verdichter- und Turbinennachrechnung direkt, also ohne den Umweg über die Interpolation von Kennfelddaten, leistet.

Bei der Dampfkraftanlage wurde die Berechnung des inneren Turbinenwirkungsgrades, der Gesamtwirkungsgrade der Pumpen und der Druckverluste in den Heizflächen und Rohrleitungen von dem Betriebszustand abhängig gemacht. Diese Maßnahmen führen zu einem realistischeren Expansionsverlauf in der Dampfturbine und genaueren Bilanzen bei den Pumpenantriebsleistungen.

Während der Projektpartner zusammen mit der FH Osnabrück die Programmentwicklung für die Gasturbine durchführte, erfolgte die Bearbeitung und Neuentwicklung der Programmmodule für den Dampfkreislauf nur an der FH Osnabrück. Die Arbeiten resultierten in einem Programmpaket, mit dem sich Gasturbinenprozesse und kombinierte Gas-/Dampfturbinenprozesse bei Vollast, Teillast und Spitzenlast berechnen lassen.

Bei der Anwendung des Programms auf abweichende Betriebsbedingungen muss zuerst ein Lastpunkt gerechnet werden, der als Vollastpunkt bzw. Referenzlastpunkt definiert wird. Die für diesen Lastpunkt berechneten und gespeicherten Werte werden als Basis für die Bestimmung aller lastabhängigen Werte bei davon abweichenden Betriebszuständen herangezogen, sodass sich sowohl Teillastpunkte als auch Spitzenlastpunkte rechnen lassen.

Die abschließende Validierung des Programms erfolgte durch Verifizieren anhand von Daten des Kooperationspartners und zeigte, dass das Projektziel in vollem Umfang erreicht wurde.