

# UMBAU DER 150 MW DAMPFTURBINEN IN HEIZTURBINEN IM WÄRMEKRAFTWERK DONAU

B. CZINKÓCZKY

Lehrstuhl für Wärmekraftmaschinen  
Technische Universität, H-1521, Budapest

Eingegangen am 20. Dezember, 1991

## Abstract

This feasibility study is concerned with the transformation of three 150 MW condensing steam turbines, working in the Dunamenti Thermal Power Station, in extraction condensing turbines for the district heating of South Budapest. In the paper the main parameters of extraction working are given.

*Keywords:* extraction condensing turbine, district heating.

## Zielsetzung und Vorgänge

Die 150 MW Kondensationsdampfturbinen im Kraftwerk Donau können in Entnahmekondensations-Heizturbinen umgebaut werden. Der Heizungsumbau hat den Zweck, durch die mit Heizwärmeausströmung verbundene, realisierbare Energieerzeugung ihren Betrieb ökonomisch zu machen und ihre Ausnützung zu erhöhen.

Beim 470 t/h Nenndampfverbrauch der Turbinen kann von ihren Durchströmungsleitungen von 4,6 bar Druck zum Heizungszweck eine max. 250 MW Heizleistung, demgemäß aus den drei Blöcken insgesamt 750 MW ausgeströmt werden.

Diese Wärmeleistung kann durch Fernwärmeübertragung in Form von Heißwasser von max. 140 °C über eine NA-800 mm Durchgangsrohrleitung in die Fernheizungsbezirke des Wärmekraftwerkes in Kelenföld, die Heizkraftwerke in Kőbánya und Kispest bzw. des Kraftwerkes in Csepel, in den Raum von Süd-Budapest transportiert werden.

Die Möglichkeit der Fernwärmeversorgung von Süd-Budapest wurde bereits im Jahre 1977 durch den Landesausschuß für Technische Entwicklung untersucht, obwohl bei der damaligen Prüfung ein besonderer Nachdruck auf das Wärmekraftwerk auf Kohlenbasis in Bicske gelegt war. Infolge seines Ausfalles ergab sich eine neue Lage.

Laut den Prüfungen im Jahre 1977 hat sich die aus Wärmekraftwerk Donau verwirklichtbare Fernheizung mit einer den derzeitigen Umständen

entsprechenden Umschlagszeit von 3–4 Jahren ebenfalls ökonomisch bewährt.

Die damalige Untersuchung ist aber von einer Wärmeausströmung größeren Volumens ausgegangen, wobei auch die 215 MW Blöcke des Wärmekraftwerks Donau in Betracht gezogen worden sind, deren Turbinen wegen ihrer dreifachen Ausflüsse für die Heizwärmeausströmung nicht vorteilhaft sind, da nebst dem staubaren Doppelströmungsausfluß der nicht staubare dritte Ausfluß jeweils in Betrieb bleibt, was eine nachteilig hohe sog. „Zwangskondensations“-Leistung zur Folge hat und dadurch die Wirtschaftlichkeit der Heizung beeinträchtigt.

Im Verhältnis zur vorherigen Variante geht unsere vorliegende Prüfung von einer Wärmeausströmung kleineren Volumens aus, sie erstreckt sich auf die 215 MW Blöcke nicht und ergibt keine Zwangskondensation, wodurch sie zu einer viel vorteilhafteren Lösung führt.

Mit Rücksicht darauf, daß die gezielten Fernheizungsbezirke und das Wärmekraftwerk Donau ebenso eine Kohlenwasserstoff-Feuerung besitzen, kann die aus 150 MW Blöcken des Wärmekraftwerks Donau realisierbare Heizwärmeausströmung eine Kohlenwasserstoff-Ersparnis nur in solchem Masse ergeben, insofern sie in den gezielten Bezirken Heißwasserkessel oder eine verbundene Energieerzeugung nachteiligeren Parameters ausschaltet. Obgleich dies auch ein bedeutsames ökonomisches Resultat sichert, liegt der größte Vorteil des Wärmekraftwerks Donau jedoch darin, daß es durch seine Lage und seine hohen Schornsteine mit einem billigeren schwefigen Heizöl betrieben werden kann, im Vergleich zu den Stadtheizkraftwerken mit niedrige Schornsteinen und dadurch die reine Fernwärme für Süd-Budapest gewährt wird.

### **Umbau der Kondensationsturbinen in Heizzturbinen**

Die 150 MW Turbinen können in Turbinen von einem Entnahme-Kondensationssystem umgebaut werden. In diesem Falle erfolgt die Heizausströmung bei der Nennbelastung aus der Durchströmungsleitung von 4,6 bar Druck. Nach der Entnahme kommt in die Durchströmung eine Druckreglerklappe, wodurch der Druck der Heizentnahme zweckmäßig auf einem konstanten Wert gehalten oder auch anderswie geregelt werden kann. Beim 470 t/h Dampfverbrauch gerät in die Durchströmung eine Dampfmenge von 378 t/h, woraus max. 358 t/h (250 MW Heizleistung) zur Heizung entnommen werden kann und 20 t/h über die nicht vollkommen verschliessbare Entnahmeklappe als Spüldruck in den Niederdruck-Turbinenteil kommt und dessen Kühlung durchführt.

Obwohl der Spüldruck keine Leistung entwickelt, ist er doch nicht völlig überflüssig, da dadurch der Betrieb der Entnahmekondensations-Turbine gesichert wird, der zu einem sog. negativen elektrischen Spitzenbetrieb geeignet ist, da die Heizwärmeausströmung während seiner elektrischen Spitzenzeit ausgeschaltet werden und die Turbine mit der Nennleistung von 150 MW nun arbeiten kann, d.h. infolge der Heizung vermindert sich ihre berechenbare Leistungsfähigkeit nicht. Bei maximalem Heizbetrieb, bei der 250 MW Heizleistung, durch eine einstufige Anwärmung kann 104 MW Turbinenleistung erzielt werden, wobei die spezifische ausgefallene elektrische Energie  $\gamma = 0,184$  und der auf Brennstoff projizierte Gesamtwirkungsgrad  $\eta = 85,7\%$  sind. Durch die einstufige Anwärmung, bei 36 °C Mindest-Rückkehrtemperatur kann eine Vorwärtsgang-Wassertemperatur von 135 °C und bei 70 °C Höchstrückkehr-Wassertemperatur die von 140 °C gewährt werden. In dem Dreiturbinensystem muß man 6100 t/h Heizwasserstrom zirkulieren lassen. Die ausströmbare Heizleistung beläuft sich auf max. 750 MW und min. 500 MW. Einen Spitzenbetrieb von 10%igen Zeitdauer vorausgesetzt macht es im Tagesdurchschnitt 675 MW bzw. 450 MW aus. Um das Fernwärmesystem besser ausnützen zu können, ist die Vorwärtsgangtemperatur im wesentlichen konstant oder sie kann Bedarf gemäß geregelt werden.

### Referenzen

Ein Heizungsumbau, welcher dem von uns geprüften ähnelt, wurde in der ehemaligen Sowjetunion bei etwa 30 ähnlichen Blöcken ausgeführt. Bei einigen Turbinen war die Entnahmeumbildung minimal, insgesamt zwei Flügelreihen, die letzte Hochdruck- und die zweite Niederdruck-Laufflügelreihe wurden befestigt, in die Durchströmungsleitung wurde eine Entnahme-Druckreglerklappe eingebaut, weiterhin wurde eine zweistufige Heizanwärmung ausgebildet. Die untere Heizentnahme wurde nach der zweiten Niederdruckstufe verwirklicht.

Bei diesen Turbinen hatte die untere Heizanwärmung einen unregulierten Druck. Ihr Druck betrug bei dem Höchstdampfstrom 1,4 bar. Die Heizung der Oberstufe erfolgte zwischen den Grenzen des von einer Entnahme geregelten Druckes von 3,5–4,6 bar.

Bei den meisten Turbinen war der Entnahmekondensationsumbau bedeutender, die letzten 6 Laufflügelreihen der Hochdruckseite wurden durch festere Flügel ersetzt und die erste Niederdruckstufe wurde entfernt. Die Durchströmungsleitung von  $\varnothing 1000$  mm wurde auf  $\varnothing 1200$  mm erweitert, ferner wurde eine Entnahme-Druckreglerklappe eingebaut. Demzufolge konnte der Druck der oberen Heizstufe zwischen viel breiteren Gren-

zen, zwischen 1,5 und 4,5 bar geregelt werden. Dadurch verbesserten sich die energetischen Kennwerte der Turbine besonders bei der Heizteilbelastung beträchtlich, weil sich die Teilbelastungstemperaturverhältnisse des 130/70°C Fernheizsystems veränderlicher Temperatur elastischer beobachten ließen.

Referenzen stehen für beide Umbauvarianten in der ehemaligen Sowjetunion in erforderlicher Zahl zur Verfügung. Der größere Umbau ist trotz seiner höheren Kosten mehr verbreitet, deshalb halten wir dies ebenfalls für zweckdienlich, obzwar auch der kostensparende minimale Umbau zu einem annehmbaren Erfolg führt.

### *Zweistufige Heizanwärmung*

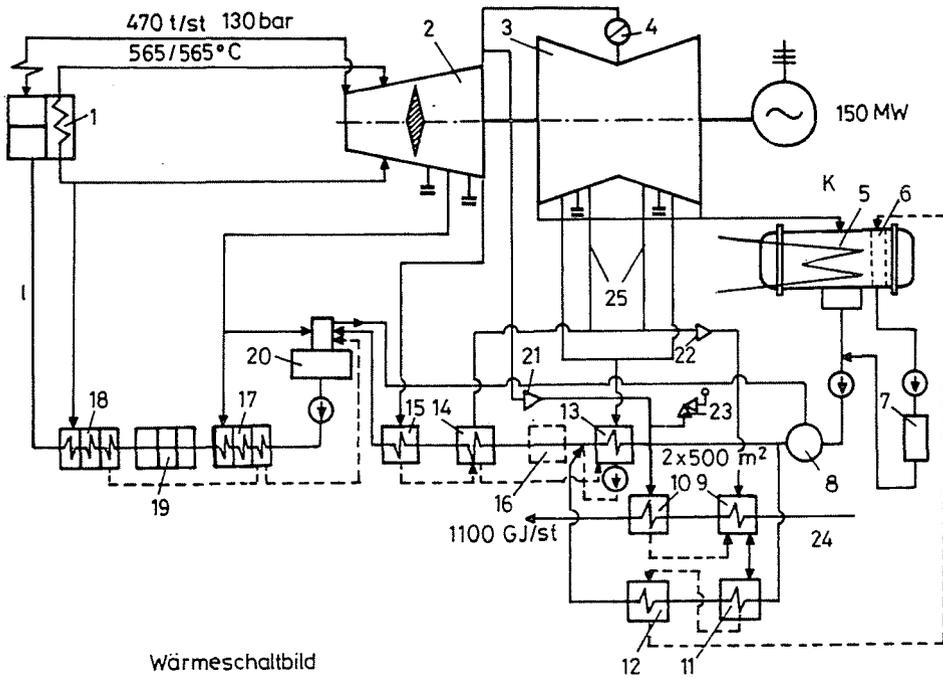
Bei unserer obigen Untersuchung wurden der Entnahmeumbau der Turbinen und die einstufige Heizanwärmung vorausgesetzt. Aufgrund der erwähnten zahlreichen Referenzen finden wir die zweistufige Heizanwärmung unbedingt begründet, deren Oberstufe den geregelten Entnahme-Durchströmungsdruck von max. 4,6 bar und deren untere Stufe die Heiz- und Speisewasser-Anwärmeentnahme ungerichteten Druckes nach der zweiten Stufe mit Höchstdruck von 1,4 bar bildet.

Von dieser Entnahme beträgt der Höchstheizdampfstrom 93 t/h, samt der Speisewaseranwärmung 119 t/h. Zur Ableitung dieser Dampfmenge sind die vorhandenen zwei NA-300 Entnahmeleitungen nicht genügend, die vier NA-300 Entnahmeleitungen nach der dritten Niederdruckstufe sind auch erforderlich. Deswegen ist jene Speisewasser-Anwärmeentnahme zu beheben, die zwei benachbarten Entnahmekammern sind gegeneinander zu öffnen, die am inneren Niederdruckgehäuse befindlichen Entnahmebohrungen sollen verstopft werden, sogar zur Ableitung des großen Dampfstromes müssen weitere vier NA-300 Leitungen angeschlossen werden.

Um die verfügbare Fläche ausnützen zu können, kann die E2 Niederdruck-Anwärmevorrichtung, die durch Ausschaltung der Entnahme nach der dritten Niederdruckstufe frei wird, mit der arbeitenden E3 parallel geschaltet werden.

Die etwas komplizierte Ableitung des bedeutsamen Niederdruck-Dampfstromes wird reichlich rückvergütet, da sich die etwa 9 MW Leistung des weiterströmenden 93 t/h Heizdampfstromes im Vergleich zu der einstufigen Heizung als mehr erweist. Demzufolge werden die energetischen Kennwerte der Turbine wie folgt verbessert:

$$y = 0,148 \quad \text{und} \quad \eta = 87,9\%.$$



Wärmeschaltbild

Abb. 1 Wärmeschaltbild

### Durchgangsrohrleitung und Wärmetransport

Die Abhandlung des Landesausschusses für Technische Entwicklung 1977 rechnete mit der zwischen Wärmekraftwerk Donau und in Kelenföld liegenden, anhand des Vorprojektes vom Tiefbauprojektbüro, über die Hochebene in Tétény geführten, 23 km langen Spurlinie und mit 8500 t/h Heizwasserstrom, weiterhin mit Investitionskosten in Höhe von 1,688 Millionen Forint nebst einer NA-1000 Durchgangsleitung. Der Pumpenleistungsbedarf betrug im Winter 17 MW und im Sommer 5 MW.

Der gegenwärtigen Prüfung gemäß würde sich der Heizwasserstrom im System von 140/70 ... 36 °C auf 6100 t/h vermindern, deshalb würde auch eine Durchgangsleitung von kleinerem Durchmesser entsprechen. Für den 6100 t/h Heizwasserstrom würde die NA-800 Leitung bei der 3,4 m/s Wassergeschwindigkeit und 16 MW Pumpenleistung geeignet.

Die in der Untersuchung des Landesausschusses für Technische Entwicklung stehende NA-1000 Leitung wäre bei 2,24 m/s Wassergeschwindigkeit und 4,8 MW Pumpenleistung nur im Falle benötigt, wenn wir zur Druckhaltung des Systems den im Wärmekraftwerk Donau vorhandenen

industriellen Ferndampf von 17 bar verwenden und der Zwischendruckerhöher-Pumpenstation ausweichen wollen.

Bei der NA-800 Leitung und 2,4 m/s Wassergeschwindigkeit ergibt sich 6,9 MW Pumpenleistung. Das endgültige Ausmaß kann auf der Grundlage des Optimums der Investitions- und Betriebskosten bestimmt werden.

Der Fernheizungsbezirk in Csepel kann von uns über die im Bau befindliche Verkehrsbrücke des Autobahnringes M0 erreicht werden. Es kann jedoch auch die Spurlinie auf der Csepel-Insel aufgeworfen werden, in diesem Falle wäre die Leitung auf dieser Brücke geführt worden.

### Ökonomische Bewertung

Auf der Basis der früheren Ermessungen tritt im Jahre 1990 ein Heizspitzenbedarf von 1100 MW im Fernheizungsbezirk des Wärmekraftwerkes in Kelenföld und des Heizkraftwerkes in Kispest, sowie in Kőbánya auf. In demselben Jahr ist ein Heizspitzenbedarf von 200 MW im Fernheizungsbezirk von Csepel zu erwarten. Im Falle des Spitzenbedarfes liefert das vorgeschlagene System infolge der maximal 70 °C Rückkehrtemperatur die minimal 450 MW Durchschnittsheizleistung (beim 10%-igen Spitzenbetrieb), wodurch 35% des Spitzenwärmebedarfes der zwei Bezirke befriedigt wird. Aber bei der Heizteilbelastung kann das empfohlene System mit der 675 MW Heizleistung in den gezielten Bezirken eine 100%-ige Versorgung gewährleisten. Den durch die Ausschaltung des Heißwasserkessels und wirksamere Energieerzeugung entstehenden Kohlenwasserstoff-Ersparnissen, ferner den durch die unnötig werdende Rekonstruktion des Wärmekraftwerkes in Kelenföld ersparbaren beträchtlichen Investitionskosten stehen die Investitionskosten des Durchgangsfernwärmesystems in Höhe von 1,688 Millionen Forint — zu den Preisen vom Jahre 1977 gerechnet — gegenüber.

Seit der Kostenberechnung vom Jahre 1977 hat sich dieser Wert erhöht, gegenüber dieser Erhöhung wirken aber auch die Verminderungsfaktoren. Ein solcher Verminderungsfaktor ist es, daß anstelle der NA-1000 Durchgangsleitung eine NA-800 Leitung genügt. Den anderen Kostenverminderungsfaktor bedeutet die Möglichkeit, daß die Spurlinie durch Anschließung an die NA-500 Heißwasserleitung von Wärmekraftwerk in Kelenföld bis zu Albertfalva um etwa 4 km verkürzt werden kann.

Es wird noch die geplante kombizyklische Erweiterung des Wärmekraftwerkes in Kelenföld durch eine 150 MW Gasturbine und den dazugehörigen Wärmeausnutzungs-Dampfkessel erwähnt.

Dieser geplante Wärmeausnutzungskessel kann die Frischdampferzeugung des Wärmekraftwerkes in Kelenföld von den vorhandenen veralteten

Kraftwerkesseln übernehmen, was eine beträchtliche Modernisierung bedeutet. Im Hinblick darauf, daß die Wärmeleistung des Wärmeausnutzungskessels etwa das Drittel des geschilderten Fernwärmesystems ausmacht, wird die Konzeption dadurch organisch ergänzt, daß die industrielle Ferndampfversorgung des Bezirkes von dem dadurch erzeugten Frischdampf über die bestehenden Heizzurbinen des Kraftwerkes gesichert werden kann.

Selbstverständlich kann das beschriebene Fernwärmesystem die geplante Kombiblockweiterung sogar ablösen, einerseits wegen seiner dreifachen Kapazität, andererseits wegen der Tatsache, daß auch der Industrieferdampf im Heißwassersystem von 180 °C bis zu einem Druck von 5–6 bar aus diesem Heißwasser hergestellt werden kann. Somit sind die vorhandenen Heißwasserkessel im Wärmekraftwerk von Kelenföld beim Eintritt des untersuchten Fernheizsystems in der Kooperation mit dem Fernwärmesystem ausreichend und der Ausfall der Gasturbine samt der Feuerungsverringerung im Wärmekraftwerk von Kelenföld haben eine erhebliche Verminderung der Luftverschmutzung zur Folge. Durch das Weglassen der Gasturbine können Investitionskosten erspart werden und der Ausfall der elektrischen Leistungsfähigkeit bedeutet nicht unbedingt einen Nachteil. Im Wärmekraftwerk Donau können nämlich drei, bis jetzt größtenteils in Kaltreserve stehende 150 MW Blöcke aktiviert werden und die Erzeugung der elektrischen Energie kann im Verhältnis zur Gasturbine sogar erhöht werden, und der Gesamtwirkungsgrad der Heizzampfblöcke dem der Kombiblocke gleichkommt.

Schließlich ist es bemerkenswert, daß zur Ausnutzung der sämtlichen Vorteile des Fernwärmesystems die NA-800 Kooperations-Fernwärmeleistungen zwischen dem Wärmekraftwerk in Kelenföld, Heizkraftwerk in Kistpest und in Kőbánya, in Süd-Budapest noch ausgebaut werden sollen.

*Address:*

Dr. Botond CZINKÓCZKY  
Lehrstuhl für Wärmekraftmaschinen  
Technische Universität  
H-1521, Budapest, Ungarn